

前言

计算机科学方面的知识广博而艰涩。过早地涉及细节,会让人感到乏味且望而生畏。“计算机导论”作为高等学校计算机科学与技术专业的一门引导性课程,是计算机科学与技术专业完整知识体系的绪论,旨在引导刚进入大学学习计算机以及相关专业的学生顺利进入计算机领域,使学习者了解计算机专业知识的内涵,从而为正规而系统地学习计算机专业的后续课程打下坚实的基础。

通过该课程的学习应使学生了解用计算机专业知识能解决什么问题?计算机专业的学生应该学什么?如何学?一名合格的计算机专业的学生应该具备什么样的素质和能力?从而调动其学习计算机技术的兴趣。

本教材的编写参考了中国计算机科学与技术学科教程研究组《中国计算机科学与技术学科教程 CCC2002》的知识体系结构和教育思想,并参照中国计算机教育与培训学会所推荐的《计算机导论教学大纲》,结合计算机科学技术发展的现实情况精心组织、编排教材内容,认真编选范例和练习。

第1章是计算机发展简史,包括计算机的发展、计算机领域的著名专家以及计算机的主要应用等。了解这些历史知识,无论是日后从事学术研究、技术开发,还是商业运营,都是非常有益的,可以从中吸收成功的经验和创业的启示,从而激发学习计算机专业知识的兴趣。

第2章是计算机基础知识介绍,主要包括计算机的系统组成原理和工作原理,计算机的硬件构成和软件系统组成,计算机运算及编码,以及多媒体计算机等。它将帮助读者理解和掌握本书后续章节的重点和难点,并对计算机的工作原理有一个总体上的认识。

第3章讲述计算机科学与技术专业的知识体系。通过本章的学习,使学生了解计算机科学的学科基础知识、学科专业知识和学科核心知识。让学生明白计算机科学的学科基础知识不学好,是难以真正理解和掌握计算机科学与技术专业知识的。

第4章是计算机科学与技术专业的专业基础知识,包括高级语言程序设计,数据结构、离散数学、操作系统的基本概念及在计算机体系结构中的作用等。

第5章介绍计算机科学与技术专业的专业知识,包括面向对象程序设计、编译原理、数据库工作原理、软件工程和计算机网络基础及其技术等。通过上述内容的学习,帮助读者尽早建立一个完整的计算机体系概念,构建一个初步的计算机科学与技术专业的知识体系框架,再通过日后每门课程的学习,逐步丰富完善这个知识体系。

第6章讲述计算机技术展望。本章主要论述了计算机硬件技术、计算机软件技术和以及计算机应用技术等知识,通过本章的学习,可以使读者了解计算机领域的重要技术发展方向和我国计算机应用领域重点发展的技术。

第7章是计算机基础操作,包括 Windows 基础操作和一些常用的计算机工具软件介

绍,如文字处理软件 Word 2003、电子表格软件 Excel 2003、演示文稿软件 Powerpoint 2003 和动画制作软件 Flash 等。通过这一章的学习使学生掌握使用计算机的基本技能,为以后熟练的使用计算机打下基础。

因为第 7 章是计算机基本操作,所以在本书最后配有实验供大家练习。同时每一章之后均有一定量的习题供读者选作。

本书系河南工业大学根据本学科的发展特组织编写的,可作为计算机类各专业和其他相关专业计算机导论教科书,也可供有关工程技术人员参考。

本书由易虹提供编写计划和结构安排,由河南工业大学的侯惠芳,张雪萍,刘素华,王宏勇,韩萍,易虹、丁伟及解放军信息工程大学的杨欣等编写。侯惠芳编写 4.3,5.2,7.3 节和实验 5~6;张雪萍编写第 2 章和第 6 章;刘素华编写 4.1,4.4,7.4 节和实验 7;王宏勇编写 5.1,5.3,7.2 节和实验 3~4;韩萍编写 4.2,5.4 节和实验 1~2;易虹编写第 1 章和第 3 章;丁伟编写 5.5 节;杨欣编写 5.2 节和实验 6;最后由侯惠芳统编定稿。在编写本书的过程中,还得到了张红梅教授、白莉媛副教授、王高平副教授以及河南工业大学信息科学与工程学院老师的帮助和指导,本书在审校过程中得到了研究生刘光强、李飞、廖海斌的大力帮助,在此一并表示诚挚的谢意。

另外,本书的编写参考了大量的书籍、报刊、网站,从中阅读了部分有价值的材料。为此,我们向有关的作者、编者、译者和网站表示感谢。

由于编者水平有限,书中难免有不足之处,恳请广大读者不吝批评指正。

编 者

2007 年 10 月

目 录

第 1 章 计算机发展简史

1.1 计算机的发展	1
1.1.1 第 0 代:机械式计算机(1942~1945)	1
1.1.2 第 1 代:电子管(1946~1954)	6
1.1.3 第 2 代:晶体管(1954~1963)	10
1.1.4 第 3 代:集成电路(1964~1973)	12
1.1.5 第 4 代:超大规模集成电路(1974~至今)	15
1.1.6 第 5 代计算机	17
1.1.7 计算机的发展趋势	19
1.2 中国计算机发展简史	22
1.2.1 华罗庚和我国第一个计算机科研小组	23
1.2.2 第一代电子管计算机研制(1958~1964)	23
1.2.3 第二代晶体管计算机研制(1965~1972)	24
1.2.4 第三代基于中小规模集成电路的计算机研制(1973~20 世纪 80 年代初)	25
1.2.5 第四代基于超大规模集成电路的计算机研制(20 世纪 80 年代中期至今)	26
1.3 计算机的特点及分类	28
1.3.1 计算机的特点	28
1.3.2 计算机的分类	29
1.4 计算机的主要应用	29
1.5 计算机领域的著名科学家	34
1.5.1 阿兰·麦迪森·图灵	34
1.5.2 冯·诺依曼	35
1.5.3 查尔斯·巴贝奇	37
1.5.4 格蕾斯·莫瑞·霍普	40
1.5.5 吴文俊	41
1.5.6 王选	44
习 题	47

第 2 章 计算机基础知识

2.1 计算机系统组成及工作原理	48
2.1.1 计算机系统组成	48

2.1.2	计算机的工作原理	49
2.1.3	微型计算机主要性能指标	51
2.2	计算机硬件基本组成	52
2.2.1	中央处理器	52
2.2.2	存储器	53
2.2.3	输入/输出设备	58
2.2.4	总线与接口的基本概念	62
2.3	计算机软件组成	64
2.3.1	系统软件	64
2.3.2	应用软件	65
2.4	计算机运算及编码基础	66
2.4.1	数据进制	66
2.4.2	进制转换	68
2.4.3	原码、反码与补码	71
2.4.4	数的定点表示与浮点表示	71
2.4.5	逻辑运算	73
2.4.6	数字化信息编码	74
2.5	多媒体计算机	76
2.5.1	多媒体计算机平台标准	77
2.5.2	多媒体中的关键技术	77
2.5.3	多媒体计算机信息处理	78
习 题		80

第3章 计算机专业基础知识体系

3.1	计算机科学的学科基础知识	83
3.1.1	数学知识	83
3.1.2	物理学及电子学知识	85
3.2	计算机科学的学科专业知识	86
3.2.1	学科基础知识	86
3.2.2	学科核心知识	87
习 题		88

第4章 计算机专业基础知识

4.1	高级语言程序设计	89
4.1.1	算法	90
4.1.2	程序设计基础	97
4.1.3	程序设计方法	99
习 题		103
4.2	数据结构	103
4.2.1	数据结构的概念	103

4.2.2	几种典型的数据结构	105
4.2.3	查找	112
4.2.4	排序	113
	习 题	117
4.3	离散数学	117
4.3.1	概 述	117
4.3.2	数理逻辑	118
4.3.3	集合论	124
4.3.4	代数结构	128
4.3.5	图论	130
4.3.6	离散数学中的证明方法	135
	习 题	136
4.4	操作系统	137
4.4.1	操作系统的地位	137
4.4.2	操作系统的发展	138
4.4.3	操作系统的分类	140
4.4.4	操作系统的功能	143
4.4.5	操作系统的特点	146
4.4.6	几种常用操作系统实例	146
4.4.7	推动操作系统发展的因素	148
4.4.8	操作系统的发展方向	149
	习 题	149
第 5 章 计算机专业知识		
5.1	面向对象程序设计	150
5.1.1	程序设计概述	150
5.1.2	结构化方法与面向对象方法的比较	152
5.1.3	面向对象程序设计	154
5.1.4	面向对象程序设计语言	159
5.1.5	面向对象的发展状况	160
	习 题	162
5.2	编译原理	162
5.2.1	程序设计语言	163
5.2.2	翻译程序和编译程序	163
5.2.3	编译过程概述	164
5.2.4	编译程序的逻辑结构	169
5.2.5	编译程序的生成方法	170
5.2.6	编译程序的原理和技术的应用	171
	习 题	172

5.3 数据库系统原理	172
5.3.1 数据库基础	172
5.3.2 关系数据库	176
5.3.3 数据库发展状况	184
习 题	186
5.4 软件工程	187
5.4.1 软件工程与软件危机	187
5.4.2 需求分析	190
5.4.3 软件设计	195
5.4.4 软件测试	197
5.4.5 软件项目管理	199
习 题	202
5.5 计算机网络基础及其技术	202
5.5.1 计算机网络发展史	202
5.5.2 计算机网络分类	203
5.5.3 计算机网络提供的功能	205
5.5.4 计算机网络的系统组成	206
5.5.5 计算机网络协议	207
5.5.6 计算机网络安全机制	211
5.5.7 计算机网络技术未来发展趋势	212
习 题	213

第 6 章 计算机技术展望

6.1 计算机硬件技术	214
6.1.1 计算机硬件技术和产业现状	214
6.1.2 计算机硬件技术的发展	215
6.2 计算机软件技术	216
6.2.1 计算机软件技术现状	216
6.2.2 计算机软件技术的发展	217
6.3 计算机应用技术	218
6.4 计算机领域的重要技术发展方向	225
6.5 我国计算机领域应重点发展的技术	227
习 题	228

第 7 章 计算机基础操作

7.1 中文 Windows XP 的基础操作	229
7.1.1 Windows XP 操作入门	230
7.1.2 “开始”菜单	239
7.1.3 文件管理	243

7.1.4 管理磁盘	248
习 题	252
7.2 字处理软件 Word 2003 基本操作	252
7.2.1 Word 2003 概述	252
7.2.2 文档的创建与编辑	257
7.2.3 文档的排版	260
7.2.4 表格制作和处理	263
7.2.5 图形、图片及文本框的处理	266
7.3 电子表格软件 Excel 2003	270
7.3.1 Excel 2003 的基本知识	271
7.3.2 工作簿的基本操作	272
7.3.3 工作表的基本操作	274
7.3.4 单元格的基本操作	277
7.3.5 应用数据公式和函数	284
7.3.6 数据的管理	290
7.3.7 图表	296
7.3.8 打印工作表	298
习 题	300
7.4 演示文稿制作软件 PowerPoint 2003	300
7.4.1 PowerPoint 2003 的工作界面	301
7.4.2 演示文稿的制作过程及制作原则	302
7.4.3 创建演示文稿	303
7.4.4 编辑幻灯片	305
7.4.5 修饰演示文稿	309
7.4.6 幻灯片视图	311
7.4.7 应用母版	313
7.4.8 自定义动画	314
7.4.9 幻灯片的切换	316
7.4.10 动作设置与超级链接	317
7.4.11 幻灯片放映方式	318
7.4.12 创建自定义放映	319
7.4.13 演示文稿的打印	319
7.4.14 创建 Web 上的演示文稿	320
7.4.15 打包	322
习 题	324

第 8 章 实验

实验 1 Windows 基本操作	325
一、实验目的	325
二、实验内容	325

三、思考与练习	326
实验 2 Windows 文件操作	326
一、实验目的	326
二、实验内容	326
三、思考与练习	327
实验 3 Word 基本操作	327
一、实验目的	327
二、实验内容	327
三、思考与练习	328
实验 4 Word 高级操作	328
一、实验目的	328
二、实验内容	329
三、思考与练习	329
实验 5 Excel 表格基本操作	330
一、实验目的	330
二、实验内容	330
三、思考与练习	331
实验 6 Excel 数据管理和图表操作	331
一、实验目的	331
二、实验内容	331
三、思考与练习	332
实验 7 Powerpoint 基本操作	332
一、实验目的	332
二、实验内容	332
参考文献	334

第1章 计算机发展简史

当今,人类社会已开始全面步入信息化时代。在信息社会中,电子计算机的大名早已家喻户晓。计算机是我们这个社会不可或缺的组成部分,计算机的影响遍及人类社会的各个领域,有些时候,我们无法想象没有它们的生活会怎样。计算机科学技术不仅发展成一门先进的独立学科,而且提升为对人类的生產方式、生活方式及思维方式都产生极其深远影响的文化现象。

60多年前,计算机仅仅是少数科学家感兴趣的、很难理解的技术问题;今天,计算机已经成为我们日常生活的一部分。众多的科学家、工程师、业界精英为计算机的发展做出了不懈的努力,既有成功的经验,也有失败的教训。回顾并学习这段历史,从中吸取宝贵的经验,无论对于目前的学习,还是日后的学术研究、技术开发和商业运营都是非常有益的。

1.1 计算机的发展

现在我们所说的计算机是指电子数字计算机,英文是 computer,俗称电脑。计算机是可编程的电子设备,它接收数据输入、执行相关的数据加工处理操作,输出并存储处理结果。由于计算机是可编程设备,因此它所能完成的工作完全取决于它所使用的计算机指令,也就是程序。

计算机的发展很迅速,但极不稳定。有几项关键发明彻底改革了计算技术,推动了计算机设计、效率及易使用性的急剧进步。因为这种断续性演化过程的缘故,一般将计算机的历史划分为几代,每一代有其自己的特定技术。本书以后的章节还会涉及更多技术内容,本节要研究历史上最有影响的计算机相关发明,探讨它们是何产生以及怎样产生的,并分析它们对社会的最终影响。

1.1.1 第0代:机械式计算机(1942~1945)

17世纪是取得重大科学成就的一个时期,有时称为“天才世纪”。诸如天文学家伽利略(1564~1642)和开普勒(1570~1630)、数学家费马(1601~1665)和莱布尼茨(1646~1716)以及物理学家波义尔(1627~1691)和牛顿(1643~1727)等科学先驱对基于“自然规律不可改变”信念的技术研究定义了严密的、系统的方法,为现代科学奠定了基础。人们对深奥的科学和数学呈现出越来越高的兴趣以及机械业在当时不断进步,第一个计算设备就在这个

时候应运而生。

德国发明家威尔赫姆·谢克哈特(Wilhelm Schickard,1592~1635)在1623年发明了第一个可运作的计算机。它是能进行6位以内数的加减法,并能通过铃声输出答案的“计算钟”,通过转动齿轮来进行操作。法国数学家布莱思·帕斯卡(Blaise Pascal,1623~1662)年轻时为了帮助父亲算账,在1642年制造了一种机械计算机,当时他才19岁。他的机器使用机械齿轮并用手来驱动——人转动底部的一行轮子输入数字,通过转盘最多可以输入8位长的数字,接着扭动一个曲柄进行加法或减法运算,然后在顶部的一行窗口查看结果(见图1.1)。为了纪念帕斯卡的贡献,1971年尼可莱思·沃思(Niklaus Wirth)教授将自己发明的一种重要的程序设计语言命名为Pascal语言,这是一种很好的结构化语言,在20世纪80年代末、90年代初曾得到广泛学习和使用。

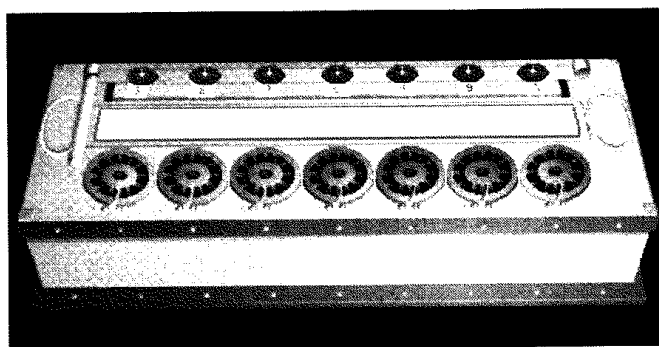


图 1.1 帕斯卡的计算机

哥特弗里德·威廉·冯·莱布尼茨(Gottfried Wilhelm Von Leibniz,1646~1716)是德国伟大的数学家和思想家,他和牛顿同时创立了微积分。他对帕斯卡的设计进行扩展,制造出能进行加、减、乘、除四则运算的机械式计算机。

虽然像帕斯卡和莱布尼茨这样的发明家能够展示机械式计算机的设计原理,但是要构建可运作的模型却很困难,因为制造和组装所有的连锁部件需要很高的精确性。直到19世纪初,制造工艺提高到能够进行大规模生产的水平时,机械式计算机才成为企业和实验室里的常见设备。

1. 可编程设备

在19世纪,虽然机械式计算机越来越普及,但第一个可编程机器根本不是计算机,而是一台织布机。1801年左右,法国人约瑟夫·玛丽·杰卡德(Joseph-Marie Jacquard,1752~1834)发明了一个用可移动穿孔卡片表示图案的可编程织布机(见图1.2)。在杰卡德发明这个织布机之前,生产织锦和带图案的织品是一件极复杂又沉闷的工作。为了形成图案,织布机操作员不得不手工将不同颜色的线(称为纬线)上下穿过交叉的线(称为经线),从而产生预期的效果。杰卡德设计了一种使用穿孔金属卡片为织线图案进行编码的方法。当一张卡片流经机器时,弯钩会穿过这些孔将选定的经线提起来并形成一种特定的上下穿行模式。利用杰卡德的发明,复杂的织锦可以用卡片上的符号来表示,并准确地再生产出来。此外,织布工仅需交换卡片就可以操作同一台织布机生成不同的图案。杰卡德织布机虽然不是计算机,但它强烈地影响着穿孔卡输入输出装置的开发。如果找不到输入信息和控制操作的

机械方法,那么真正意义上的机械式计算机是不可能出现的。

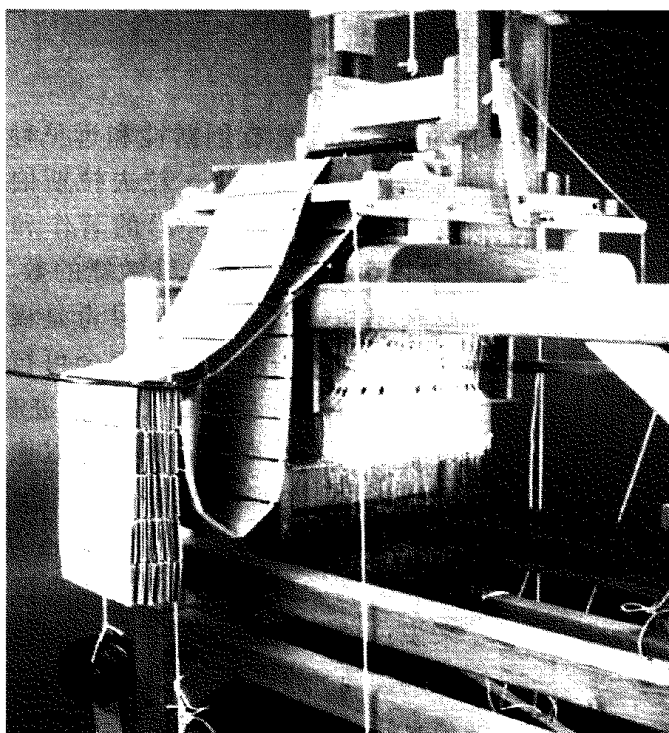


图 1.2 织布机(左边是用于控制编织图案的穿孔卡片,它们流向织布机的顶部)

约 20 年后,杰卡德以卡片上所穿的孔来存储信息这一思想在英国数学家查尔斯·巴贝奇(Charles Babbage, 1791~1871)的工作中重新露面。巴贝奇在 1821 年发明的差分机中合并了穿孔卡片,差分机是一种用于解数学方程式的蒸汽驱动的机械式计算机(见图 1.3)。由于制造工艺的限制,巴贝奇一直没能搭建出一个完整的差分机功能模型。不过,他建立了一个将输出结果冲压于铜板的原型,并将其用于海军导航数据的计算。1833 年,巴贝奇对他的差分机计划进行扩展,设计一个功能更强大的机器,该机器具有现代计算机的许多特征。巴贝奇将这个他称为分析机的机器想象为一种通用的可编程计算机,它接收由穿孔卡提供的输入并把输出打印在纸上。分析机的重要贡献在于它包括了现代计算机所具有的 5 个基本组成部分。

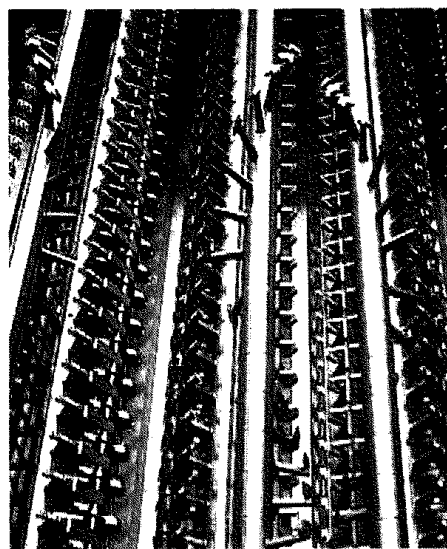


图 1.3 差分机(具有互锁齿轮和编号可见轮)

(1) 输入装置:用穿孔卡片输入数据。

(2) 存储装置:巴贝奇称它为仓库,该装置被设计为能存储 1 000 个 50 位十进制数的容量,它既能存储运算数据,又能存储运算结果。

(3) 资料处理装置:巴贝奇称它为磨坊(mill),通过它来完成加、减、乘、除运算,还能根

据运算结果的符号改变计算的进程。

(4) 控制装置:使用指令进行控制,用程序自动改变操作次序。它们是通过穿孔卡片顺序输入处理装置完成的。

(5) 输出装置:用穿孔卡片或打印方法输出。

尽管分析机的可运作模型从未能完成,但其具有创新性和远见性的设计通过拜伦的女



图 1.4 爱达的肖像

儿爱达·奥古斯塔·拉夫拉斯伯爵夫人(Ada Augusta Lovelace, 1815~1852)的著作和资助得以推广。爱达(见图 1.4)是一位思维敏捷的数学家,她对分析机的浓厚兴趣和卓越见解对巴贝奇是极大的鼓舞。爱达意识到巴贝奇的理论设计是完全可行的,她支持这项工作,改正其中的错误,并建议用二进制存储取代原设计的十进制存储。她指出分析机可以像杰卡德织布机一样进行编程,并发现了程序设计(program design)和编程(programming)的基本要素,还为某些计算开发了一些指令。例如可以重复使用某些穿孔卡片,按现代的术语来说这就是“循环程序”和“子程序”。她对分析机的潜在能力进行了最早的研究,预言这台机器总有一天会演奏音乐。总之,爱达在她短暂生命的最后十年,全力以赴地投入到分析机的研制工作中,甚至在经费困难时不惜典当自己的珠宝来支持巴贝奇以渡过难关。

由于她在程序设计上的开创性工作,被誉为世界上第一位程序员。爱达的形象完美地体现了一位程序员应具有的科学家和艺术家的双重气质。一方面,程序员需要在数学概念、形式理论、符号表示以及一系列应用原理的基础上工作,所以应该有科学家的气质;另一方面,对于一个有效的、可靠的、便于维护的软件系统,程序员又需要刻画它的每个部分并把它们组成一个和谐的整体,所以程序员又应该具有艺术家的风度。

1975 年 1 月,美国国防部提出使用一种通用高级语言的必要性,并为此进行了国际范围的设计投标。1979 年 5 月最后确定了新设计的语言,海军后勤司令部的杰克·库柏(Jack Cooper)为这个新语言起了一个美丽的名字 Ada,用于纪念爱达。

19 世纪末期,穿孔卡的使用在赫尔曼·霍勒瑞斯(Herman Hollerith, 1860~1929)发明的制表机中再次重现。霍勒瑞斯的机器(见图 1.5)设计用来对 1890 年美国人口普查的数据进行排序并将其制成表格,期间利用穿孔卡对普查数据进行编码。卡上的每个孔代表一条特定信息,比如人口普查中被调查者的性别、年龄或所在地。霍勒瑞斯的制表机中,金属钉穿过卡中的孔,与下面的一个金属板构成电连接。该机器探测到这些电连接,用它们对数据排序并制表。例如,操作员转动控制板上的拨号盘以及使穿孔卡流过桌面的机械装置,从而可以选择想要的特征(如年龄、性别、收入)。利用霍勒瑞斯的制表机,美国政府在 6 周内完成了 1890 年的人口普查——相对于需要 7 年来计算 1880 年的人口普查,这个时间代表了一个极大的进步。这次人口普查工作完成后,霍勒瑞斯于 1896 年创建了制表机公司 TMC(Tabulating Machine Company),推销他的机器。最后,在托马斯·沃森(Thomas Watson, 1874~1965)的领导下,霍勒瑞斯的公司成为著名的美国国际商用机器公司(International Business Machines Corporation),也就是在计算机领域赫赫有名的 IBM 公司。

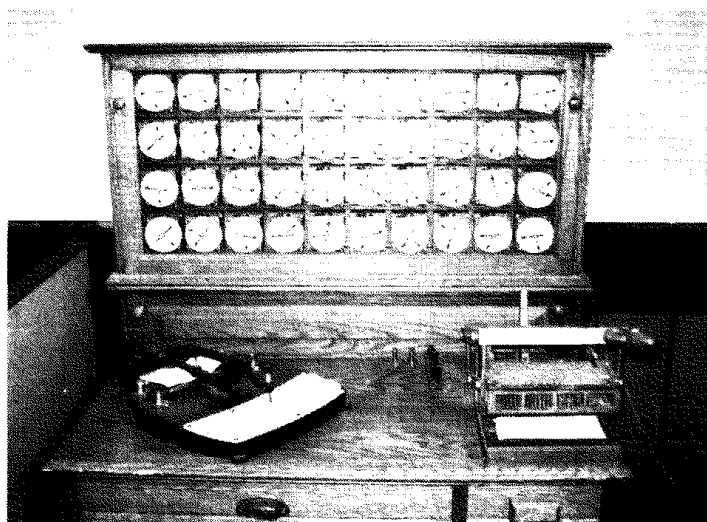


图 1.5 霍勒瑞斯的制表机

2. 电磁式继电器

尽管在机械式计算机和可编程机器上取得了进展,但我们今天所认为的计算机技术直到 20 世纪 30 年代电磁式继电器被采用时才真正开始发展。电磁式继电器是可用于控制电线中电流的机械开关,它由一块与金属臂相连的磁铁构成。默认情况下,这个金属臂处于打开位置,与继电器的其他金属部件断开连接,从而中断电流。但是,如果电流流过某个控制线路,由磁铁产生的磁场会牵引金属臂从而将它关闭,使电流流通继电器。通过结合这些简单的电子开关,研究人员第一次能够解释控制计算机的复杂逻辑。德国工程师康拉德·祖斯(Konrad Zuse,1910~1995)在 1938 年建造了第一台由继电器驱动的计算机。不过,他的成果被德国政府列为机密,最终在第二次世界大战中被毁坏。因此,它并没有影响到其他研究人员。在同一期间,爱荷华州的约翰·安塔纳索夫(John Atanasoff,1903~1995)和贝尔实验室的乔治·斯蒂比兹(George Stibitz,1904~1995)独立设计并建造出使用电磁式继电器的计算机。

20 世纪早期,哈佛大学应用数学教授霍华德·艾肯(Howard Aiken,1900~1973)在巴贝奇的设计基础上进行了再次开发,提出用机电的方法,而不是纯机械的方法来实现分析机的想法,这就是 Mark-I(马克一号)机电计算机的设想,他谨慎地起草了一份建议,去找 IBM 公司寻求资助。艾肯教授的建议对 IBM 转向发展计算机起了点火助推的作用,IBM 总裁老沃森当机立断,决定给艾肯 100 万美元。1944 年称为 Mark-I(见图 1.6)的计算机在哈佛大学投入运行,艾肯教授说 Mark-I 使巴贝奇的梦想变成现实。



图 1.6 Mark-I

Mark- I 是个庞然大物,长 15.5 m、高 2.4 m,由 75 万个零部件组成。它使用了大量的继电器作为开关元件,并且与巴贝奇一样用十进制技术齿轮组作为存储器,存储容量为 72 个 23 位长的十进制数,它还采用了穿孔纸带进行程序控制,它的计算速度很慢,每次乘法用 3 s,而且运行时噪音很大。尽管它的可靠性不够高,但仍然在哈佛大学使用了 15 年。

Mark- I 只是部分采用了继电器,其后,在 1945~1947 年间,艾肯又成功领导制造一台全部使用继电器的计算机 Mark- II,在计算机发展史上,Mark- I 和 Mark- II 有着重要的地位。

艾肯等人制造的这一批机电计算机是计算机发展史上短暂的一页。这些机器的典型部件是普通电话继电器,继电器开关速度大约是 0.01 s,使运算速度受到限制。从另一方面来看,由于在 20 世纪 30 年代已经具备了制造电子计算机的技术能力,继电器式计算机从一开始就注定要很快被电子计算机替代。然而,制造继电器式计算机的方案是计算技术发展史上必要的科学尝试。这些机电计算机为早期电子计算机的设计制造积累了重要的经验,对于现代高速电子计算机的发展起了开路的作用。艾肯、祖斯等人后来都转变为出色的电子计算机设计者,第一批通用机电自动计算机的设计者们以其聪明的才智和坚强的毅力揭开了现代计算机发展的序幕。

1.1.2 第 1 代:电子管(1946~1954)



图 1.7 李·德福雷斯特和他发明的电子管

20 世纪 40 年代中期,计算机设计者开始用电子管代替电磁式继电器,电子管是从中抽掉了所有或绝大部分空气的小玻璃管,使电子在运动时尽量不受空气微粒的干扰(见图 1.7)。虽然李·德福雷斯特(Lee de Forest, 1873~1961)在 1906 年就发明了电子管,但直到 20 世纪 40 年代制造业的进步使其成本大幅度降低时,它们才成为可被接受的继电器替代品。电子管在功能上与电磁式继电器相似,因为它们能够依据其状态为“开”或“关”来控制电流。但是,因为电子管没有运转部件(只有电子的运动),所以它们能够使电信号的转换速度远远超过在继电器中的速度。这种将电信号速度加快至 1 000 倍的能力使电子管驱动机器能够更快地执行复杂计算,从而大幅提升了计算机的性能。

1. 计算机和第二次世界大战

像许多其他的科技发明一样,电子(电子管)计算机的发展也得到了第二次世界大战的促进。在计算机先驱阿兰·麦迪森·图灵(Alan Mathison Turing, 1912~1954)的思想基础上,英国政府制造出第一台电子计算机 COLOSSUS,用来对纳粹分子的加密通信进行解码(见图 1.8)。COLOSSUS 包含 2 300 多个电子管,只有它适合用作密码破解器。它包括 5 个不同的处理单元,每个单元每秒都可以读入并解释 5 000 个编码字符。需要解码的信息从纸带上流入机器,如图 1.8 右边所示。利用 COLOSSUS,英国情报部成功破解了纳粹分子的许多军事情报,为战争期间的盟军军事行动提供了极为重要的支持。尽管 COLOSSUS 在 1943 年就可以使用了,但是它的设计并未对其他研究人员产生重大影响,因为在超过 30

年的时间中,它的存在一直被列为机密。

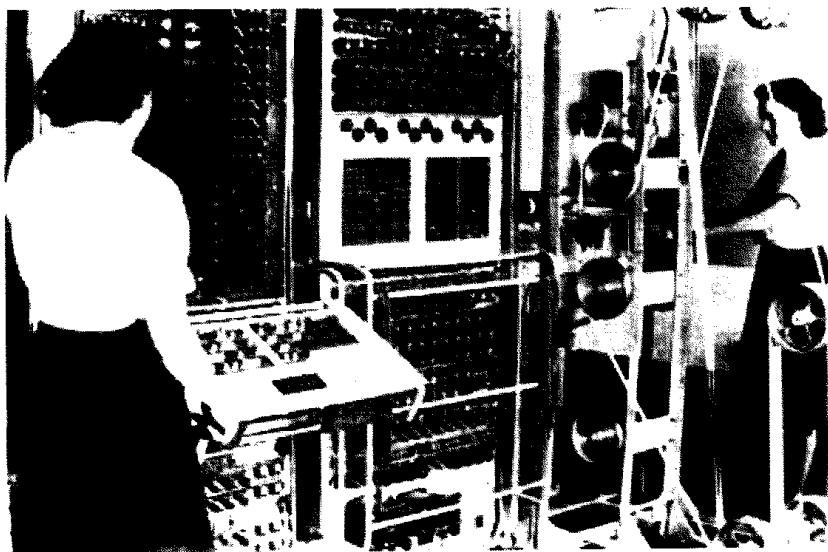


图 1.8 COLOSSUS(仪表板展示了 2 300 多个电子管的一部分)

大约同一时期在美国,约翰·莫奇利(John Mauchly, 1907~1980)和 J. 普雷斯佩尔·埃克特(J. Presper Eckert, 1919~1995)在宾夕法尼亚大学里制造一台电子计算机 ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Computer, 电子数字积分和计算机)。ENIAC 设计用来为美国军方计算弹道表。第二次世界大战中,美国宾夕法尼亚大学莫尔学院电工系同阿伯丁弹道研究实验室共同负责为陆军每天提供 6 张火力表,这项任务非常困难和紧迫。因为每张表都要计算几百条弹道,而一个熟练的计算员计算一条飞行时间 60 s 的弹道要花 20 h,用大型的微分分析仪也需要 15 min。从战争一开始,阿伯丁实验室就不断地对微分分析仪做技术上的改进,同时聘用了 200 多名计算员。即使这样,一张火力表也往往要算两三个月,问题相当严重。当时,负责阿伯丁实验室同莫尔电工系小组联系的军方代表是年轻的赫尔曼·戈尔斯坦(Hermam H. Goldstine)中尉,他原来是个数学家。他的朋友莫克利这时正好在莫尔学院电工系任职。莫克利在访问阿塔纳索夫一年后,1942 年 8 月写了一份题为《高速电子管计算装置的使用》的备忘录,它实际上成为了第一台电子计算机 ENIAC 的初始方案。这一备忘录曾在莫克利的一些同事中传阅,特别是引起了 23 岁的研究生埃克特的浓厚兴趣。埃克特后来成为第一台电子计算机的主要工程师,莫克利也多次对戈尔斯坦介绍自己关于电子计算机的设想,思想敏捷的戈尔斯坦立即意识到这一设想对解决计算火力表的困难的巨大价值。他马上向上级作了汇报,立即得到支持。军械部要求莫尔学院草拟一份为阿伯丁弹道实验室制造一台电子数字计算机的发展计划。1943 年 4 月 2 日,莫尔学院提出了一份这样的报告。同年 6 月 5 日,莫尔学院和军械部正式签订合同。

承担研制 ENIAC(见图 1.9)的莫尔小组是一个由志同道合的青年科技工作者组成的朝气蓬勃的团体。24 岁的埃克特是总工程师,负责解决制造中一系列困难复杂的工程技术问题。莫克利是位 30 多岁的物理学家,他提出了电子计算机的总体设想。年轻的戈尔斯坦中尉不仅能在数学上提供有益的建议,而且是精干的科研组织人才。这样,有了合适的时机和成熟的条件,又有科学技术人员的科学胆略与创造才能,在有关部门的远见卓识与全力支持下,1945 年底,这台标志人类计算工具历史性变革的巨型机器宣告竣工,正式的揭幕典礼

于1946年2月15日举行。这台机器1947年被运往阿伯丁,ENIAC起初专门用于弹道计算,后来经过多次改进而成为能进行各种科学计算的通用计算机。

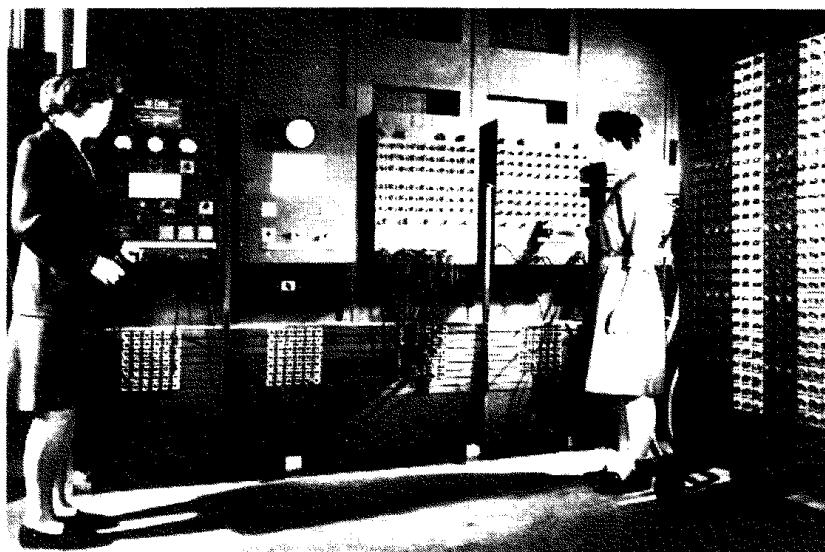


图 1.9 ENIAC(可以看见它的 18 000 个电子管中的一部分)

ENIAC 看上去是一个庞然大物,占地面积达 170 m^2 ,使用了大约 18 000 个电子管,1 500 个继电器,70 000 个电阻,18 000 个电容,重 30 t。开始预算经费是 15 万美元,实际耗资近 49 万美元。运算速度为每秒 5 000 次加法或 50 次乘法;它的耗电量也很惊人,功率为 150 kW。工作时,常常因为电子管烧坏而不得不停机检修。尽管如此,在人类计算工具发展史上,它仍然是一座不朽的里程碑,自它以后,人类在智力解放的道路上开始突飞猛进。1949 年,经过 70 h 的运算,把圆周率精确地计算到小数点后面 2 037 位。

ENIAC 的最大特点就是采用了电子线路来执行算术运算、逻辑运算和储存信息。为了执行加减运算和存储数据,采用了 20 个加法器,每个加法器由 10 组环形计数器组成,可以保存一个字长 10 位的十进制数。为了执行其他的运算,ENIAC 还采用了乘法器以及除法和开方装置。由于广泛采用了电子线路,ENIAC 最突出的优点就是高速度。由于有 20 个累加器,ENIAC 又具有另一个重要的优点,即能同时执行几个加法或减法。在这一点上,ENIAC 可以看作是 20 世纪 60 年代出现的并行计算机的前身。

ENIAC 是世界上第一台真正能运转的大型电子计算机。ENIAC 的成功开辟了提高计算速度的极为广阔的可能性。但是,就连 ENIAC 的研制者也感到,虽然 ENIAC 是第一台正式运转的通用电子计算机,但它的基本结构和机电式计算机没有本质的差别。ENIAC 显示了电子原件在进行初等运算速度上的优越性,却没有最大限度地实现由于采用电子技术所提供的巨大潜力。新生的电子计算机急需人们用千百年经验所积聚起来的智力赋予更合理的结构,从而获得更强的生命力。ENIAC 存在一些缺陷:第一,它的存储容量太小,至多只能存 20 个字长 10 位的十进制数,而它的前任 Mark- I 却可以存放 72 个;第二,它与后来的“存储程序”型计算机不同,它的程序是“外插型”的,即用线路连接的方式来实现的,不便使用,仅为了进行几分钟或几个小时的数值计算,准备工作就要用去几个小时甚至一两天的时间。

由于缺乏关于电子计算机最合理结构的全面分析与理论,实现重大突破的希望很渺茫。为了解决弹道计算的急需,必须另找一种新的途径。在 1944 年,美国陆军要求莫尔学院在建造 ENIAC 的同时,立即设计更强有力的计算机。1944 年 8 月,建造大型存储器的努力有了突破性的进展,埃克特提出用延迟线回路作电子计算机存储器的设计方案。当时,雷达系统已使用延迟线存储脉冲信号进行方位测试。埃克特创造性地实现了这项技术移植,使它在计算机的发展中起了历史性作用。延迟线存储器的设计第一次打开了大量存储信息的大门,对实际形成存储程序概念起了促进作用。至此,已经具备研制一种高效率电子计算机的技术条件。

2. 冯·诺依曼体系结构

约翰·冯·诺依曼(John von Neumann,1903~1957)是参与 ENIAC 计划的科学家之一,他与图灵一起被认为是计算机科学的创始人。他认为通过开关和电缆进行编程既沉闷又容易出错。为了解决这个问题,他设计了另一个计算机体系结构,这样的结构中,程序可以同数据一起存放在存储器中。虽然最初是巴贝奇在他的分析机计划中提出的这个思想,但是冯·诺依曼因依照现代设计将该思想形式化而受到赞誉。冯·诺依曼还引进了存储器中二进制表示法的使用,它在许多方面优于之前使用的十进制表示法。冯·诺依曼体系结构首次应用于电子管计算机,如 EDVAC(1952 年埃克特和莫克利在宾夕法尼亚构建)和 IAS(1952 年冯·诺依曼在普林斯顿构建),而且它后来成为几乎所有现代计算机的基础。

一旦计算机设计者采用了冯·诺依曼的“存储程序”的体系结构,为计算机编程的过程就变得比设计计算机更为重要。但是,通过冯·诺依曼体系结构,程序可以被读入(通过卡或纸带)并存放在计算机的存储器中。最初,程序使用机器语言编写,机器语言是与硬件执行指令一致的 0 和 1 的序列。相对于重连导线来说,这是个进步,但是它仍然需要程序员编写并处理长达数页的二进制数,这项工作难度大,而且容易出错。20 世纪 50 年代初,计算机设计者引入了汇编语言,它用有助记忆的名字来代替二进制数,从而简化了编程行为。

20 世纪 50 年代初还标志着商用计算机产业的出现。埃克特和莫克利离开宾夕法尼亚大学去创建他们自己的公司。1951 年 Eckert-Mauchly 计算机公司开始出售 UNIVAC I 计算机。美国普查局(CBS)购买了第一台 UNIVAC I 计算机,随后的一台 UNIVAC I 被 CBS 用于预测 1952 年总统选举,当时便吸引了公众的注意力。不久,其他几个公司就加入了 Eckert-Mauchly,开始面向市场推销计算机。有趣的是,在同一时间,美国国际商用机器公司(IBM)只是一个生产卡片穿孔机和机械卡片分类机的小公司。IBM 在 1953 年进入计算机产业,但直到 20 世纪 60 年代初才开始声名渐起。

1951 年 10 月 IBM 公司聘请冯·诺依曼担任公司的顾问,他向公司领导及技术人员反复介绍了计算机的广泛应用及其意义,提出了一系列有充分科学依据的重大建议。1952 年 IBM 公司生产的第一台用于科学计算的大型机 IBM 701(见图 1.10)问世,这台计算机字长 36 位,使用了 4 000 个电子管和 12 000 个锗晶体二极管,运算速度为每秒 2 万次。采用静电存储管作主存,容量为 2 048 字,采用磁鼓作辅存,配备了卡片输入输出机、打印机等外部设备。1953 年推出了第一台用于数据处理的大型机 IBM 702 和小型机 IBM 650。1954 年推出 701 和 702 的后继产品 704 和 705。1955 年推出第一台随机存储系统 RAMAC305,RA-

MAC 是“计算与控制随机访问方法”的缩写,它是现代磁盘系统的先驱。RAMAC 由 50 个磁盘组成,存储容量 5 MB,随机存取文件的时间小于 1 s。

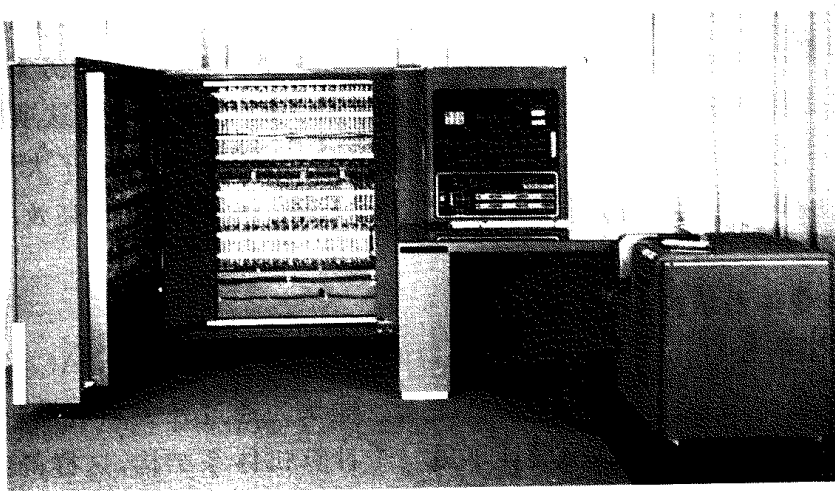


图 1.10 大型机 IBM 701

20 世纪 50 年代末存储技术的重大革新是美国麻省理工学院(MIT)研制出的磁心存储器,这种存储器稳定而且可靠,成为 20 世纪五六十年代的存储器工业标准。

3. 第一代计算机的特点

(1) 采用电子管代替机械齿轮或电磁式继电器作开关元件,但它仍然笨重,而且产生很多热量,容易损坏。

(2) 采用二进制代替十进制,即所有指令与数据都用“0”与“1”表示,分别对应于电子器件的“接通”与“断开”。

(3) 程序可以存储,这使通用计算机成为可能。但存储设备还比较落后,最初使用水银延迟线或静电存储管,容量很小。后来使用了磁鼓、磁心,有了很大改进,但仍然不可能有支持操作系统的环境。

(4) 输入输出装置主要用于穿孔卡,速度很慢。

1.1.3 第 2 代:晶体管(1954~1963)

在 20 世纪 50 年代初,随着计算技术的逐步发展,电子管的缺点变得更加明显。电子管除了体积比较大以外,还散发出相当大的热量,它们需要许多空间用以冷却,而且很容易被频繁烧坏。计算机技术的下一个主要进步就是晶体管代替了电子管(见图 1.11)。



图 1.11 晶体管

晶体管是 1948 年美国贝尔电话试验室的三位物理学家约翰·巴丁(John Bardeen, 1908~1991)、沃尔特·布兰坦(Walter Brattain, 1902~1987)和威廉·肖克利(William Shockley, 1910~1989)发明的,它是一个硅片,其传导性可以通过一股电流打开和关闭。晶体管比电子管更小巧、便宜、更可靠、能量效率更高。晶体管的采用可以使计算机设计者以极低的成本生产出更小、更快的机器。因此,贝尔实验室就成了晶体管计算机的发源地,1954 年贝尔实验室制成了第一台晶体管计算机 TRADIC,使用了 800 个晶体管。1955 年全晶体管计算机 UNIVAC-II 问世。

许多专家将晶体管视为 20 世纪最重要的技术发展。晶体管刺激了无数小型电子设备的剧增,这些设备(包括收音机、电视机、电话和计算机)价格低廉,也促进了伴随这些发明出现的基于信息并依靠媒体的经济的发展。科学界差不多立即就认可了晶体管的潜在影响,授予巴丁、布兰坦和肖克利 1956 年诺贝尔物理学奖。第一批晶体管计算机,Sperry-Rand 的 LARC 和 IBM 的 STRETCH(见图 1.12),是原子能委员会在 1956 年委托其生产的超级计算机,用以辅助原子能研究。到 20 世纪 60 年代初,像 IBM、Sperry-Rand 和数据设备公司(DEC)这样的公司开始向私有企业推销基于晶体管的计算机。

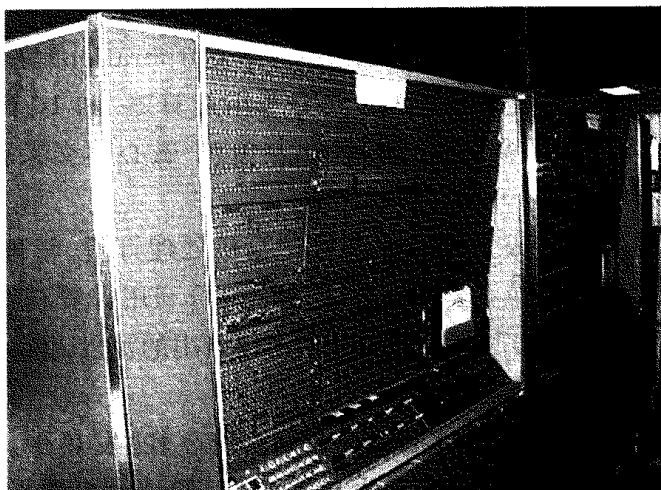


图 1.12 IBM 的 STRETCH,晶体管计算机

1. 高级编程语言

当晶体管促使计算机更低廉时,更多的重心被放在编程上面。如果非工程学专家的人使用计算机,那么与计算机的交互就应该更简单些。首先,IBM 公司的一个小组在约翰·巴库斯(John Backus)领导下,从 1954 年开始研制高级语言,同年开始设计第一个用于科学与工程计算的高级编程语言 FORTRAN(英文中的 FORMula TRANslater 的缩写,即公式翻译程序语言)。该语言可使程序员在较高的抽象级别着手,通过数学公式而不是汇编级别的指令来制定计算机任务。虽然 IBM 最初声称 FORTRAN 将“消除编码错误和调试错误”,这一说法过于乐观,但是像 FORTRAN 这样的高级语言却极大简化了编程工作。不久随 FORTRAN 之后出现了其他高级语言。1958 年 MIT 的约翰·麦卡锡(John McCarthy)发明了用于人工智能的 LISP 语言。1959 年在宾州大学一些用户开会讨论解决程序的移植问题,因为对某种计算机编写的程序,在其他型号的机器上是无法执行的。在国防部支持下,以格蕾丝·莫瑞·霍普(Grace Murray Hopper)为首的委员会提出了 COBOL 语言,它是计算机语言的前驱,编写了第一个实际的编译程序。

第二代计算机主流产品是 IBM 7000 系列。1958 年 IBM 推出大型科学计算机 7090,实现了晶体管化,采用了存取周期为 $2.18 \mu\text{s}$ 的磁心存储器、每台容量为 1 MB 的磁鼓、每台容量为 28 MB 的固定磁盘,并配置了 FORTRAN 等高级语言。1960 年晶体管化的 7000 系列全部代替电子管的 700 系列,如 7094- I 大型科学计算机,7040、7044 大型数据处理机。1963 年又推出 7094- II 计算机。

以晶体管为发端的全固态化电路为计算机运算速度的提高开辟了广阔的前景,激发了研制超级计算机的积极性。1961 年 IBM 完成了第一台流水线(pipeline)计算机 STRETCH (IBM 7030),CPU 既有执行定点操作和字符处理的串行运算器,又有执行快速浮点运算的并行运算器,采用最多可重叠执行 6 条指令的控制方式。为提高速度,使用 NPN 和 PNP 高速漂移晶体管作电流开关元件,电路延迟时间为 10 ns,存储容量为 16 000 字的磁心存储器,采用多体交叉存取。为提高可靠性,采用了汉明纠错码。此外,还采用了多道程序技术,并且能使 CPU 与输入输出设备并行工作,作为第一台流水线机器,它成为超级计算机的雏形。

1964 年美国控制数据公司(CDC, Control Data Corporation)完成了早期超级计算机 CDC6600。它把运算功能分散给 CPU(内有 9 个专用运算器)和 10 台外围处理机,字长 60 位,运算速度 300 万次/秒,主存容量 13 万字,分为 32 个磁心体交叉存取,采用功能分散方法来提高系统性能成为 CDC6600 的主要特色。

1960 年美国贝思勒荷姆厂成为第一家利用计算机处理订货、管理库存并进行实时生产过程控制的公司,1963 年《俄克拉荷马日报》成为第一份利用计算机编辑排版的报纸,1964 年美国航空公司建立了第一个实时订票系统,计算机应用的深度和广度进一步扩展。

2. 第二代计算机的特点

(1) 用晶体管代替了电子管,晶体管有体积小、重量轻、发热少、耗电省、速度快、功能强、价格低、寿命长等一系列优点。用它作为开关元件,使计算机结构与性能都发生了很大变化。

(2) 普遍采用磁心存储器作主存,并且采用磁盘与磁带作辅存,使存储容量增大,可靠性提高,为系统软件的发展创造了条件,开始是监控程序,后来发展成操作系统。

(3) 作为现代计算机体系结构的许多意义深远的特性相继出现,例如变址寄存器、浮点数据表示、间接寻址、中断、I/O 处理机等。

(4) 程序设计语言大发展,先是用汇编语言代替了机器语言,接着又出现了高级语言 FORTRAN、COBOL。

(5) 应用范围进一步扩大,除了以批处理方式进行科学计算外,开始进入实时过程控制和数据处理领域。批处理的目的是尽可能提高 CPU 的利用率。输入输出设备也在不断改进,但是多采用脱机方式工作,以免浪费 CPU 的宝贵时间。

1.1.4 第 3 代:集成电路(1964~1973)

相对于被替代的电子管,晶体管代表了一个较大的进步:它们更小巧,大规模生产的成本更低,能量效率更高。通过将晶体管以导线连接起来,计算机设计者可以建立电路来执行特定计算。然而,即使是将两个数相加这样的简单计算也需要包括数百甚至数千个晶体管的复杂电路。用导线将晶体管连接到一起是很沉闷的,而且不能再缩小晶体管的尺寸(因为人只能手工地连接晶体管间的导线)。1958 年,美国德克萨斯州仪器公司的杰克·克尔拜(Jack Kilby)和飞兆半导体公司的罗伯特·诺伊斯(Robert Noyce, 1927~1990)独立开发出用于大规模生产更小的互连晶体管的技术。他们提出将晶体管及其连线一同加工为硅片上的金属图案,而不是分别生产晶体管和连接线路。就像这两位研究

人员所展示的那样,晶体管可以由导电金属层和绝缘金属层构成,而它们的连线可以制成导电金属的线条。

因为形成这种电路需要在构造电路期间将晶体管及其连线一同分层排列,所以晶体管应该被造得更小,并比以前排列得更紧凑。最初,数十甚至数百个晶体管分层排列在同一块圆片上并连接起来以构成简单的电路。这种片称为集成电路或 IC 芯片,封装于金属或塑料中,附有用于连接其他部件的外部针脚(见图 1.13)。由于能把晶体管及相关电路封装在大规模生产的 IC 上的技能,因此预示着可以生产出更小、更快和更便宜的计算机。工程师可以用预先封装的 IC 芯片来制造计算机,而不是直接利用晶体管,这样便简化了设计和构造工作。杰克·克尔拜在开发集成电路工作中的成果得到认同,被授予 2000 年诺贝尔物理学奖。

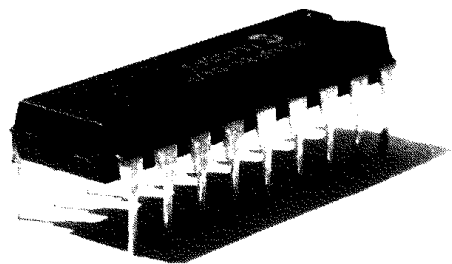


图 1.13 早期的集成电路

1. 大规模集成电路

随着制造工艺的进步,可放在一块芯片上的晶体管数目增多了。1965 年,英特尔公司的戈登·摩尔(Gordon Moore)注意到,可放在一块芯片上的晶体管个数每 12~18 个月增加一倍。这种趋势被称作摩尔定律,已经成为技术进步的精确预言。到 20 世纪 70 年代,出现了能在一块 IC 芯片上包含数千晶体管的大规模集成电路(LSI)。1971 年英特尔公司采取了合理的措施,将一个计算机的所有控制电路合并到同一块称为微处理器的芯片中。第一个微处理器,Intel 4004,包含 2 300 多个晶体管。3 年后,英特尔发布了 8080,它包含 6 000 个晶体管,可以通过编程执行很多种计算任务。Intel 8080 和它的后继者 8086 以及 8088 芯片,在 20 世纪 70 年代被用作众多个人计算机的中央处理单元。其他芯片商,包括美国德州仪器公司、美国国家半导体公司、飞兆半导体公司以及摩托罗拉公司,在此期间也开始生产微处理器。

2. 商用计算

集成电路的发展促进了速度更快、成本更低的计算机的生产。然而在 20 世纪 60 年代初只有大公司才能买得起计算机,IC 技术使生产商能够显著地降低计算机的价格,使小企业能够购买计算机。这就意味着越来越多的人要求能与计算机交互。使非专业用户使用计算机的一个关键就是操作系统的发展,操作系统是监督计算机操作、管理外围设备(如键盘、显示器和打印机)以及调度任务执行的主要控制程序。特定的编程语言也被开发出来以满足有更广泛基础的计算机新用户的需求。1971 年,尼可莱斯·沃斯(Niklaus Wirth)开发出 PASCAL,这是一种主要设计用于讲授编程技巧的简单语言,但直到现在,它还有大量应用。1972 年,丹尼斯·里奇(Dennis Ritchie)开发了 C 语言,这是在 20 世纪 70 年代和 80 年代用于开发 UNIX 及其他操作系统的编程语言。

第三代计算机支流产品是 IBM-System/360(见图 1.14),IBM 公司在 1961 年 12 月提出了“360 系统计划”。1964 年 4 月 7 日 IBM 公布了 360 系统,成为计算机发展史上的一个重要的里程碑。IBM 公司为此投资 50 亿美元,到 1965 年 360 系统的各种型号陆续投放市场,共售出

33 000 台,这促使大多数早先的商用计算机被废弃,对计算机工业产生了相当大的冲击。

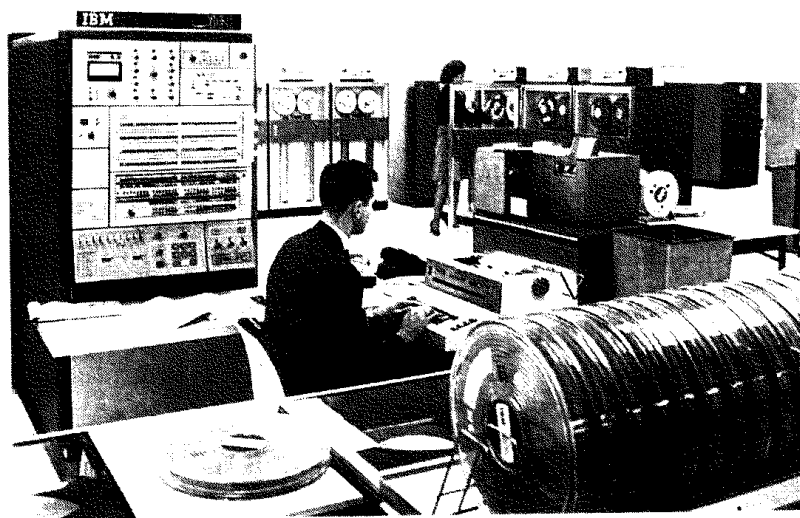


图 1.14 IBM-System/360

360 系统的主要贡献是:

(1) 从应用角度看,克服了第二代计算机性能单调的弱点,集科学计算、数据处理、实时控制之功能于一身,确立了通用性。命名 360 的含义是指一个圆 360° ,表示全方位的应用服务。

(2) 从生产角度看,实现了系列化。360 系统的主要型号有:20 型、25 型、30 型小型机;40 型、44 型、50 型中型机;65 型、75 型、85 型大型机;91 型、95 型超级计算机。型号虽多,但采取了标准化措施,统一指令格式、统一数据格式、统一字符编码、统一 I/O 接口、统一中断系统、统一人机对话方式等。确立了兼容性,使同一程序在不同型号的机器语言级上兼容,促进了计算机工业生产能力的规范和发展。

(3) 从发展角度看,既采用了崭新的技术,又留有继续发展的余地。360 系统在处理机设计中采用了微程序设计,为系列机功能的扩充创造了条件。为使 I/O 操作进一步独立于 CPU,采用了通道技术。在可靠性、可用性、可维护性方面,对指令与数据进行奇偶校验,对存储进行 4 位编码的存储键保护。对于高档机型还采用了高速缓存、流水线控制、超长精度运算、复制与冗余技术等。

(4) 从实用角度看,360 系统配有操作系统、汇编语言和 FORTRAN、COBOL 等高级语言,使用十分方便。更重要的是,360 在建立计算机系统的继承性上起了开创作用,所谓系统的继承性是指它有长远开发的价值,有逐步扩展的余地,有不断提高性能的灵活性。它能使计算机系统适应用户的新需求,使已有软件资源能继续得到有效的利用,使新系列的开发周期越来越短。总之,继承性对计算机的发展有很大影响。

在此期间,许多比较小的公司则开发比较小的计算机。其中,成功地开拓了小型机市场的是 DEC 公司(Digital Equipment Corporation),即数据设备公司。该公司 1959 年展示了它的第一台计算机 PDP-I,以后又推出了 PDP-5、PDP-8,成为商用小型机的成功版本,它们是 12 位字长的机器,结构简单,售价低廉。进入 20 世纪 70 年代后,该公司又陆续开发了 PDP-11 系列、VAX-11 系列等 32 个小型机,使 DEC 成为小型机霸主。1968 年新建的 DG 公司(Data General Corporation)于 1969 年推出第一台 16 位小型 Nova 机,以后陆续开发了 3 个系列的 Nova 机,这些机型对我国计算机的发展曾有过较大影响。

这一时期,在程序设计方面也有很大发展,1964 年 5 月 1 日美国达特茅斯学院的凯梅

尼(John Kemeny)和卡茨(Thomas Kurtz)发明了 BASIC 语言,1967 年塞缪尔(Arthur L. Samuel)开发了第一个下棋程序,它当了 10 年冠军,直到 1977 年才被公爵大学开发的程序击败。1968 年荷兰计算机科学家戴克斯特拉(Edsger W. Dijkstra)发表的论文《GOTO 语句值得考虑的害处》指出,调试修改程序的困难与它包含的 GOTO 语句数成正比,假如取消 GOTO 语句,将会使程序设计错误大幅度减少。从此,各种结构化程序设计理念逐步得到人们的广泛接受。

3. 第三代计算机的特点

(1) 用集成电路取代了晶体管,最初是小规模集成电路,后来是大规模集成电路。相对于晶体管体积更小、耗电更省、功能更强、寿命更长。芯片几乎永不失效,缺点是在抗损坏性方面十分脆弱。

(2) 用半导体存储器淘汰了磁心存储器,存储器也集成化了。它与处理器具有良好的相容性。存储容量大幅度提高,为建立存储体系与存储管理创造了条件。

(3) 普遍采用了微程序设计技术,为确立富有继承性的体系结构发挥了重要作用,第三代计算机为计算机走向系列化、通用化、标准化做出了贡献。

(4) 系统软件与应用软件都有很大发展,由于用户通过分时系统的交互作用方式来共享计算机资源,因此操作系统在规模和复杂性方面都有很快发展。为了提高软件质量,出现了结构化、模块化程序设计方法。

(5) 为了满足中小企业与政府机构日益增多的计算机应用,在第三代计算机期间,开始出现了第一代小型计算机(minicomputer),如 DEC 的 PDP-8。

1.1.5 第 4 代:超大规模集成电路(1974~至今)

目前为止,我们所讨论过的每一代计算机都是由一个新技术的采用来定义的。但是,从第三代到第四代的跨越很大程度上是基于规模的。到 20 世纪 70 年代中期,制造工艺的进步促使在一块 IC 芯片上含数十万最后是数百万个晶体管的超大规模集成电路(VLSI)的出现。表 1.1 展示了这种演化的速度,其中列出了英特尔产品家族的芯片,以及它们发布的年份和所含的芯片数目。有趣的是,第一个微处理器 4004 所含开关设备(晶体管)的数目与 1943 年使用的电子管的 COLÓSSUS 所含开关设备的数目差不多相同。整个 20 世纪 70 年代和 80 年代中期,连续出现的几代 IC 芯片所包含的晶体管越来越多,从而在同样大小的空间中提供了更复杂的功能。例如 2000 年发布的 Pentium 4,它包含 4 200 多万个晶体管,单个晶体管有 0.18 μm 那么小。

表 1.1 英特尔处理器的晶体管个数

年份	英特尔处理器	晶体管个数	年份	英特尔处理器	晶体管个数
2000	Pentium 4	42 000 000	1982	80286(见图 1.15)	134 000
1999	Pentium III	9 500 000	1978	8088	29 000
1997	Pentium II	7 500 000	1974	8080	6 000
1993	Pentium	3 100 100	1972	8008	3 500
1989	80486(见图 1.17)	1 200 000	1971	4004	2 300
1985	80386(见图 1.16)	275 000			

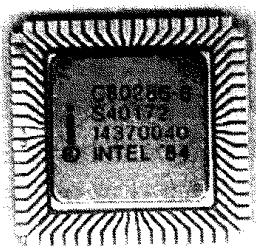


图 1.15 Intel 80286

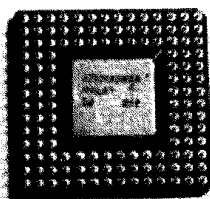


图 1.16 Intel 80386

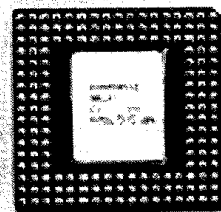


图 1.17 Intel 80486

1. 个人计算机革命

一旦超大规模集成电路(VLSI)使微处理器(单个芯片上的整个处理单元)能够被大规模生产,计算机的成本就可下降到个人可以承受的程度。第一台个人计算机是 MITS Altair 8800(见图 1.18),在 1975 年的售价不到 500 美元。实际上,Altair 是由所有必需的电子部件构成的一个计算机工具包,其部件包括用作机器的中央处理单元的 Intel 8080 微处理器。用户负责将这些部件以导线连接并焊接到一起来装配计算机。Altair 构造好后,没有键盘、没有显示器、没有永久存储器——用户直接通过扳动控制板上的开关来输入指令,查看闪光形式的输出。虽然存在这些局限性,但人们对 Altair 的需求却是势不可挡。

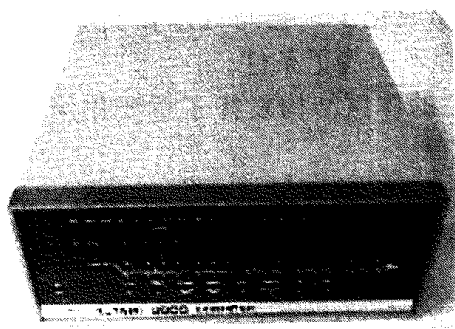


图 1.18 Altair 8800

虽然销售 Altair 的公司 MITS 在短短几年内就倒闭了,但其他的小型计算机公司在 20 世纪 70 年代末也能够成功地操纵 PC 市场。1976 年,史蒂夫·乔布斯(Steven Jobs)和史蒂芬·沃尼兹克(Stephen Woznizk)开始销售类似于 Altair 的计算机工具包,他们称之为 Apple II,这就是第一台预先装配好的个人计算机,包括键盘、彩色显示器、声音和图形(见图 1.19)。到 1980 年,Apple 的个人计算机年销售额差不多达到 2 亿美元。不久,其他公司(如 Tandy、Amige 以及 Commodore)开始销售他们自己的个人计算机版本。IBM 是商用计算机领域中占支配地位的中坚力量,但在进入个人计算机市场的进程中曾步调缓慢,它在 1980 年引入了 IBM PC 后,马上成为一个重要角色。1984 年,Apple 推出 Macintosh 计算机作为抗衡,该机采用了如今常见的窗口、图标、下拉菜单以及鼠标指针的图形用户界面。

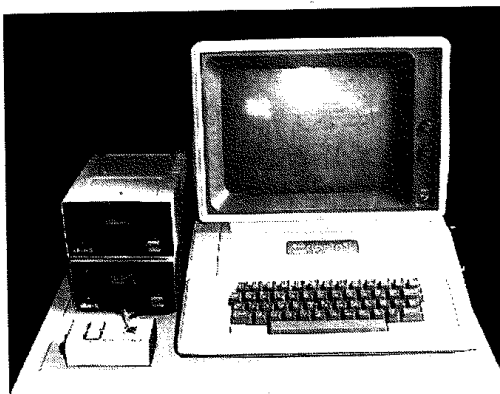


图 1.19 1984 年推出的 Apple II

纵观计算机的发展早期,软件产业由少数几个大公司(如 IBM 和惠普)所支配,它们开发出特殊程序并与硬件系统结合起来出售。随着越来越多的人开始将计算机用于业务和娱乐需要,软件产业也在成长并进行调整。比尔·盖茨(Bill Gates, 1955~)和保罗·艾伦(Paul Allen, 1955~)因编写了第一个用于个人计算机的商用软件而扬名,该软件是 Altair 计算机上运行的 BASIC 编程语言的编译器(见图 1.20)。1975 年,盖茨还是哈佛大学的一

年级学生时,他们俩创立了微软公司,并在后来将该公司发展为如今的软件巨人。微软最初的成功,很大部分可归功于它出售用于 PC 的 MS-DOS 操作系统,以及受欢迎的应用程序,如文字处理器和电子制表软件。到 20 世纪 90 年代中期,微软的 Windows 已经成为用于台式计算机的最有优势的操作系统,而比尔·盖茨则已成为世界上最富有的人。



图 1.20 1981 年比尔·盖茨和保罗·艾伦

2. 面向对象编程

过去 20 年也引发了新的编程语言的激增,包括强调面向对象的编程方法的语言。面向对象是一种软件开发方法,指程序员以真实世界的对象为软件组件建立模型。1980 年,阿兰·肯(Alan Kay,1940~)开发出第一个面向对象的语言 Smalltalk。Ada 语言也于 1980 年问世,它是为美国国防部开发的一种编程语言,用在政府合同中。1985 年,Bjarne Stroustrup(1950~)开发出 C++ 语言,它是对 C 语言的面向对象的扩展。C++ 及其衍生语言 Java(Sun Microsystem 开发于 1995 年)已成为当今商用软件开发中的主流语言。

3. 第四代计算机的特点

(1) 用微处理器或超大规模集成电路取代了普通集成电路。这是具有革命性的变革,出现了影响深远的微处理器冲击。

(2) 从计算机系统本身来看,第四代机是第三代机的扩展与延伸,存储容量进一步扩大,输入采用 OCR(字符识别)与条形码,输出采用了激光打印机,以及引进光盘和新的程序设计语言 Ada。

(3) 微型计算机异军突起,席卷全球,触发了计算技术由集中化向分散化转变的大变革。许多大型机的技术垂直下移进入微机领域,使计算机世界出现一派生机勃勃的景象。

(4) 数据通信、计算机网络、分布式处理有了很大的发展,计算机技术与通信技术相结合正改变着世界的技术经济面貌。Internet、广域网(WAN)、城域网(CAN)和局域网(LAN)正把世界各地紧密地联系在一起。

(5) 由于特殊应用领域的需求,在并行处理与多处理领域正积累着重要的经验,为未来的技术突破创造着条件。例如,图像处理领域、人工智能与机器人领域、函数编程领域、超级计算领域都是人们越来越感兴趣的领域。

1.1.6 第 5 代计算机

第五代计算机是为适应未来社会信息化的要求而提出的,与前四代计算机有着本质的

区别,是计算机发展史上的一次重要变革。当前电子计算机存在的主要不足有:首先,目前的电子计算机虽然已具有一些相当幼稚的“智能”,但它不能进行联想(即根据某一信息,从记忆中取出其他有关信息的功能)、推论(针对所给的信息,利用已记忆的信息对未知问题进行推理得出结论的功能)、学习(将对应新问题的内容,以能够高度灵活地加以运用的方式进行记忆的功能)等人类头脑的最普通的思维活动。其次,目前电子计算机虽然已能在一定程度上配合、辅助人类的脑力劳动,但是,它还不能真正听懂人的说话,读懂人的文章,还需要由专家用电子计算机懂得的特殊的“程序语言”同它进行“对话”。这就大大限制了电子计算机的应用、普及大众化。再次,目前的电子计算机虽然能以惊人的信息处理来完成人类无法完成的工作(例如遥控已发射的火箭),但是它仍不能满足某些科技领域的高速、大量的计算任务的要求。例如,在进行超高层建筑的耐震设计时,为解析一种立柱模型受到摇动时的三维振动情况,用目前的超大型电子计算机算上 100 年也难以完成。又如,原子反应堆事故和核聚变反应的模拟实验、资源探测卫星发回的图像数据的实时解析、飞行器的风洞实验、天气预报、地震预测等要求极高的计算速度和精度,都远远超出目前电子计算机的能力极限。由此可见,当今的电子计算机已不能适应信息社会的需要,必须在崭新的理论和技术基础上创制新一代计算机。

第五代计算机是把信息采集、存储、处理、通信同人工智能结合在一起的智能计算机系统。它能进行数值计算或处理一般的信息,主要能面向知识处理,具有形式化推理、联想、学习和解释的能力,能够帮助人们进行判断、决策、开拓未知领域和获得新的知识。人-机之间可以直接通过自然语言(声音、文字)或图形图像交换信息。第五代计算机又称“新一代计算机”。1981 年 10 月,日本首先向世界宣告开始研制第五代计算机,并于 1982 年 4 月制订为期 10 年的“第五代计算机技术开发计划”,总投资为 1 千亿日元,目前已顺利完成第五代计算机第一阶段规定的任务。

“新一代计算机”的主要目标之一是突破电脑所谓“冯·诺依曼瓶颈”。我们知道,从用电子管制作的 ENIAC,直到用超大规模集成电路设计的微型电脑,都毫无例外遵循着 20 世纪 40 年代冯·诺依曼为它们确定的体系结构。这种体系必须不折不扣地执行人们预先编制,并且已经储存的程序,不具备主动学习和自适应能力。所有的程序指令都必须调入 CPU,一条接着一地顺序执行。人们把这种顺序执行已储存程序的电脑类型统称为“诺依曼机”。

“诺依曼机”曾在电脑的发展历程中做出了不可磨灭的贡献,几乎“统治”着所有的电脑“领地”,但是,面对人工智能研究,它已经变成限制电脑进一步发展的障碍,成为制约电脑高速处理知识信息的“瓶颈”。新一代电脑必须能够大规模并行处理信息,采用新的存储器结构、新的程序设计语言和新的操作方式。

第五代计算机基本结构通常由问题求解与推理、知识库管理和智能化人机接口 3 个基本子系统组成。问题求解与推理子系统相当于传统计算机中的中央处理器。与该子系统打交道的程序语言称为核心语言,国际上都以逻辑型语言或函数型语言为基础进行这方面的研究,它是构成第五代计算机系统结构和各种超级软件的基础。知识库管理子系统相当于传统计算机主存储器、虚拟存储器和问题系统结合。与该子系统打交道的程序语言称为高级查询语言,用于知识的表达、存储、获取和更新等。这个子系统的通用知识库软件是第五代计算机系统基本软件的核心。通用知识库包含:日用词法、语法、语言字典和基本字库常识的一般知识库;用于描述系统本身技术规范的系统知识库;把某一应用领域,如超大规模

集成电路设计的技术知识集中在一起的应用知识库。智能化人-机接口子系统是使人能通过说话、文字、图形和图像等与计算机对话,用人类习惯的各种可能方式交流信息。这里,自然语言是最高级的用户语言,它使非专业人员操作计算机,并为从中获取所需的知识信息提供可能。

当前第五代计算机的研究领域大体包括人工智能、系统结构、软件工程和支援设备,以及对社会的影响等。人工智能的应用将是未来信息处理的主流,因此,第五代计算机的发展必将与人工智能、知识工程和专家系统等研究紧密相连,并为其发展提供新基础。目前的电子计算机的基本工作原理是先将程序存入存储器中,然后按照程序逐次进行运算。这种计算机是由美国物理学家诺依曼首先提出理论和设计思想的,因此又称诺依曼机器。第五代计算机系统结构将突破传统的诺依曼机器的概念。这方面的研究课题应包括逻辑程序设计机、函数机、相关代数机、抽象数据型支援机、数据流机、关系数据库机、分布式数据库系统、分布式信息通信网络等。第五代计算机的发展必然引起新一代软件工程的发展,极大地提高软件的生产率和可靠性。为改善软件和软件系统的设计环境,将研制各种智能化的支援系统,包括智能程序设计系统、知识库设计系统、智能超大规模集成电路辅助设计系统,以及各种智能应用系统和集成专家系统等。在硬件方面,将出现一系列新技术,如先进的微细加工和封装测试技术、约瑟夫森器件、光学器件、光纤通信技术以及智能辅助设计系统等。另外,第五代计算机将推动计算机通信技术发展,促进综合业务数字网络的发展和通信业务的多样化,并使多种多样的通信业务集中于统一的系统之中,有力地促进了社会信息化。

1.1.7 计算机的发展趋势

自从1946年第一台电子计算机ENIAC问世以来,计算机科学技术取得了惊人的发展,并得到了广泛的应用,它不仅形成了一门新型学科——信息学科,而且已发展成一种独立的工业——计算机工业和高附加值的产业——信息产业。计算机科学技术已成为当今世界各国科学技术和工业发展水平的显著标志。各行各业为开拓更新的领域,又向计算机科学技术提出了更高的要求,致使当前的计算机朝巨型化、微型化、网络化、分布式、智能化方向发展。

1. 巨型化

巨型化是指发展高速、大容量和强功能的超大型计算机,这不仅是诸如天文、气象、航天、原子、核反应等尖端科学以及探索新兴学科的需要,也是为了让计算机具有人脑学习、推理、认知的复杂功能,记忆犹如核裂变膨胀的知识信息所必需的。20世纪70年代中期的巨型机运算速度已达1.5亿次/秒,现在百亿次巨型机正在研制中。巨型机的存储容量极大,再加上海量辅助存储器,把一个中等规模的图书馆的全部书籍存入计算机系统中易如反掌。

一般说来,巨型机的水平体现了计算机科学技术的水平,巨型机只有在计算机元器件及计算机组织结构上有所突破时才能获得发展。目前巨型机体系结构的研究主要有两个方向,其一是研究由十几台、几十台甚至成千上万台价格低廉的微型机机群组成巨型机系统,旨在提高性能价格比;其二是按巨型机自身特有的体系进行整体设计,如归约机、数据流机、分布式计算机系统等。

2. 微型化

计算机微型化技术是大规模和超大规模集成电路出现后而发展的最为迅速的技术之

一。由于微型机可以渗透或嵌入到诸如仪器、仪表、家用电器、各种武器装备等中小型机无法涉足的境地,所以 20 世纪 80 年代以来发展异常迅速,预计其性能价格比将越来越高。当前微型机的标志是运算部件和控制部件集成在一起,今后逐步发展对存储器、通道处理器、高速运算部件的集成,进一步将系统软件固化、并入多媒体功能达到微型机系统的集成。

3. 网络化

计算机网络是现代通信技术与计算机技术相结合的产物。所谓计算机网络就是在一定地理区域内,将分布在不同地点、不同机型的计算机及相关的外部设备由通信线路互联成一个系统。研制计算机网络的主要目的是实现网络中各计算机间的通信并实现网络资源的共享。世界上较早的享有盛名的计算机网络是美国国防部高级研究署的 ARPANET。该网从最初的 4 个网点已发展到至今联入数万台位于不同地点的主机,并架设有多个卫星通信线路,其覆盖面已横跨美国东西部大陆,并联到夏威夷以及加拿大、英国、挪威等。

4. 分布式

分布式计算机系统是由多个分散的计算机经互联网络连接而成的一个统一的计算机系统,其中的各个物理或逻辑资源既相互协同又高度自治,能在全系统范围内实现资源管理,动态地进行任务分配和功能分配,且能并行地运行分布式程序。其主要特点是:结构模块化、资源分散性、协同自治性、工作并行性、资源共享性和整体强健性。分布式计算机系统是多机系统的一种新形式,也是并行处理系统的一种常见形式,还可以看作是具有模块化、自治性、并行性和透明性等特点的一种 MIMD 的计算机网络。因此,可以认为,计算机网络是分布式计算机系统的物质基础,而分布式计算机系统则是计算机网络的高级发展形式。国际上一些知名计算机学者指出:将来任何一个有效的计算机系统都将是一个分布式系统。从而表明,分布式计算机系统是计算机科学技术领域中备受青睐、发展迅速的一个方向。

5. 智能化

所谓计算机智能化就是让计算机来模拟人的感觉、行为、思维过程的机理,使计算机具备视觉、听觉、语言、行为、思维、逻辑推理、学习、证明等能力,形成智能型计算机,这也是第五代计算机企图实现的目标。计算机智能化的研究包括模式识别、景物分析、自然语言理解、博弈、定理自动证明、自动程序设计、专家系统、机器学习、机器人等等。其基本方法和技术是通过对知识的组织和推理,求得问题的解答。所以涉及的内容广、学科多,需要对数学、逻辑学、生物学、社会学、神经心理学、生理学、教育学、哲学、计算机科学、信息论、控制论等多方面的综合知识。可见,智能化是建立在现代科学基础之上,综合性极强的边缘、交叉学科。计算机人工智能的研究已使计算机突破了“计算”这一初级含义,从本质上增强了计算机的能力,让计算机能模拟人的大脑,并越来越多地代替甚至超越人类脑力劳动的某些方面。作为计算机科学技术的又一重要分支,人工智能的研究已为世人所瞩目。可以预料,不久的将来,将是一个人-机(计算机)共存的时代。

计算机科学技术的发展,使通信和计算机融为一体。未来的通信将会是数字通信,未来的交换机将都是计算机。通信网不仅传输一般的语言,而且可以传输图形、图像、电视节目、报刊杂志。光纤电缆为这种目的提供了可能。一根头发丝粗细的光纤可供几万人通话。卫星远距离通信使通信覆盖面更广、更加灵活、快捷、清晰。将来用于办公室、工业现场、战场指挥部和家庭中的终端机可以具有电话、电传、电视和电脑的功能,构成“四用”终端,“四用”终端的出现不仅极大地方便用户,而且将从根本上改变人们的工作和生活习惯与方式,促进社会的变革。

计算机软件的发展极其迅速。新的语言,新的操作系统,新的数据库系统,新的网络管理软件和通信软件,新的软件工具,新的软件支撑环境犹如雨后春笋,层出不穷。第四代高级语言(4GL),只需用户指明“做什么?”,至于“怎么做?”则完全由计算机自动完成并可使用户满意。计算机软件与计算机系统结构、超大规模集成电路技术、知识工程相结合,有助于研制第五代、第六代计算机。为此需要研制和开发智能化和知识化的软件系统,以及研制具备特异功能和生物演化功能的软件。为了解决传统软件中的问题,必须建立软件理论基础,将工程化和形式化技术相结合,研制软件生产自动化系统,使得软件的研制、开发、维护、管理过程中的工作尽可能多地交由计算机来承担。

计算机软件的重要性与日俱增,其发展趋势是品种多样化、接口标准化、描述形式化、功能智能化、使用简单化、整体可塑化、生产过程自动化。

当今形形色色的计算机层出不穷,例如:

1. 用眼操作的计算机

用眼凝视屏幕,凝视的范围及方向就会被屏幕相机记录下来,并自动将记录的信息进入计算机,计算机就按眼睛看到的“指示”去完成相应工作,假如想用眼睛操纵“写”文章,只需用眼挑选字母、格式即可。此外,这种计算机还可以自由地选择电视、广播节目和打电话,并可开关电灯、报警等。

2. 无线计算机

由日本电气公司研制成功的无线便携式个人计算机,借助安装在机内的无线调制解调器,就能在移动中及时接收、处理和传送必要的信息。

3. 光学神经计算机

由日本研制成功的这种光学神经型计算机,能够通过连续自动程序设计模拟人脑的学习和存储视觉形象,即具有人脑的视觉神经反应能力和记忆思维能力。这种计算机能够识别和阅读复杂的手写字符和图像。

4. 石笔计算机

这种计算机没有键盘,只需用电子石笔直接写在像信纸一样大小的屏幕上。该计算机体积小、重量轻、易携带,可适用于免税商店、住院登记及警察记录交通事故等多种场合。

5. 笔基个人计算机

这种计算机的显著特点是信息输入摒弃了常用的标准键盘而采用一种计算机钢笔,其笔尖就是数据输入点。所谓笔基即以这种钢笔输入为基础,所以称之为笔基个人计算机。在笔记本式袖珍计算机显示屏上用这种钢笔直接书写,书写内容便会奇迹般地录存下来,并转化为清晰的计算机文本,它兼有个人信息处理、文字处理、存档、编辑等功能。

6. 人像识别计算机

该计算机最多可记忆 3 500 个人的面部图像,并配有人像自动识别软件,能在 1 s 内对某个特定人物进行辨认、核对、判断,并给出处理结果。

7. 能识别和绘制三维图像的计算机

这套计算机系统包括激光全息摄影成像和计算机投影绘图系统两大部分。利用该系统,设计和绘制的图形可以完全投影到空间,悬浮在荧光显示屏上。设计人员可从各个角度审视和修改设计图,使图像具有实物真实感。

8. 新颖计算机

这种计算机的屏幕上设置了许多气体等离子体单元,加上一定电压波,它们就能够发出

橙色的光。这种计算机屏幕要比常规的液晶显示器反应快,视角更宽,对比度也更大。

9. 超并行计算机

超并行计算机的技术原理,就是把大量处理器并行连接,大幅度提高处理速度。所谓超并行计算机就是由数万个乃至数百万个处理器并行连接而成的一个计算机,它通过实现最大的并行化,其性能将比现有的计算机提高 100~1 000 倍,每秒接近 1 M 次以上的运算。国际上对超并行计算机的研究极为重视。由于这种计算机开发难度大,因此该机的研究开发需要国际间的通力合作。

10. 超级个人电脑 POWER PC

IBM、Apple 和 Motorola 三大公司于 1994 年 4 月联手推出第一台 RISC 精简指令个人计算机 Power PC601。该机由 Apple 公司的 Macintosh 机发展而来,沿袭和发展了 Macintosh 机的多媒体特性,在性能上有了较大突破,对采用 Intel 80×86 系列 CPU 的 CISC 复杂指令个人计算机提出了强劲挑战。据有关专家估计,未来的个人机将是 RISC 的天下。

Power PC601 在硬件上与 Macintosh 相比的主要改动是采用了 32 位 RISC 处理器 MPC601 和 PCI 局部总线,MPC601 芯片具有结构简单、功能强大的特点。它的面积为 110 mm²左右,运行速度为奔腾芯片的 5 倍,有较强的并行处理和密集运算能力。Power PC601 的另一特点是突破了传统的一机一操作系统模式,采用 Mac 平台系统设计技术,可运行 System7、OS/2、AIX、Solaris、Power、Open、Pink 等操作系统及其应用软件,还可以用仿真方式运行 DOS 和 Windows 软件。这就使得 Power PC601 的应用扩展到工作站和服务器的某些领域。另外,Power PC601 还对声音图像处理作了改进,增强了网络功能,更使得 Power PC601 有了更大的发展前景。

Power PC601 现已推出 3 种机型 6100/60、7100/66、8100/80,其 CPU 均为 MPC601,仅时钟频率和配置不同,价格在 1 800~5 000 美元。三大公司还将推出 PowerPC 系列的 MPC603、MPC604、MPC620,以占领个人机、笔记本机和高档工作站市场。

11. DNA 计算机

美国正在研制一种 DNA 计算机(脱氧核糖核酸计算机)。这种利用生物工程学理论制作的计算机将大大超过现有计算机的计算能力。传统的计算机用 0 和 1 作为数据的编码,而 DNA 计算机则用 4 个分子 A、T、C、G 定名,按顺序串起来表示数字或其他信息。DNA 在一个试管里产生反应,可创造出一个 ATCG 系列的分子。虽然 DNA 计算机进行单个分子操作较慢,但无数的分子存在就意味着能马上进行无数次的操作。一盎司(约合 28.35 g)的 DNA 比今天的超级计算机快一万倍。

一旦实验成功,科学家们可从遗传物质、细胞中提取 DNA,制作分子计算机,相信不久它将成为计算机领域的新一族。

1.2 中国计算机发展简史

从 1953 年 1 月我国成立第一个电子计算机科研小组到今天,我国计算机科研人员已走过了近五十年艰苦奋斗、开拓进取的历程。从国外封锁条件下的仿制、跟踪、自主研制到改革开放形势下的同台竞争,从面向国防建设、为两弹一星做贡献到面向市场为产业化提供技术源泉,科研工作者为国家做出了不可磨灭的贡献,树立一个又一个永载史册的里程碑。

1.2.1 华罗庚和我国第一个计算机科研小组

华罗庚教授是我国计算技术的奠基人和最主要的开拓者之一。

早在 1947~1948 年,华老在美国普林斯顿高级研究院任访问研究员,和冯·诺依曼(J. Von Neumann)、哥尔德斯坦(H. H. Goldstine)等人交往甚密。华老在数学上的造诣和成就深受冯·诺依曼等人的赞誉。当时,冯·诺依曼正在设计世界上第一台存储程序的通用电子数字计算机,冯让华老参观他的实验室,并经常和华老讨论有关的学术问题。这时,华罗庚教授的心里已经开始盘算着回国后也要在中国开展电子计算机的研制工作。

华罗庚教授 1950 年回国,1952 年在全国大学院系调整时,他从清华大学电机系物色了闵乃大、夏培肃和王传英 3 位科研人员在他任所长的中国科学院数学所内成立了中国第一个电子计算机科研小组,任务就是要设计和研制中国自己的电子计算机。

1956 年春,由毛泽东主席提议,在周恩来总理的领导下,国家制定了发展我国科学的 12 年远景规划,把开创我国的计算技术事业等项目列为四大紧急措施之一。华罗庚教授担任计算技术规划组组长。8 月,成立了由华罗庚教授为主任的科学院计算所筹建委员会,并组织了计算机设计、程序设计和计算机方法专业训练班,并首次派出一批科技人员赴苏联实习和考察。

同年,夏培肃完成了第一台电子计算机运算器和控制器的设计工作,同时编写了我国第一本电子计算机原理讲义。

1.2.2 第一代电子管计算机研制(1958~1964)

我国的计算机制造工业起步于 20 世纪 50 年代中期。1957 年下半年,在消化吸收的基础上正式开始了计算机的研制工作,由中国科学院计算所和北京有线电厂(原 738 厂)共同承担。在那个独特的历史年代里,闵大可教授率队赴苏考察。根据(前)苏联提供的 M-3 机设计图纸经局部修改,在(前)苏联专家的指导下,中科院计算所等单位完成了我国第一台小型电脑。1958 年 6 月,该电子计算机安装调试,8 月 1 日该机可以表演短程序运行,标志着我国第一台电子计算机诞生。为纪念这个日子,该机定名为八一型数字电子计算机。后改名为 103 型计算机(即 DJS-1 型),共生产 36 台。103 机,字长 31 位,内存容量为 1 024 字节,当时运算速度只有几十次/秒,后来安装了自行研制的磁心存储器,运算速度提高到 3 000 次/秒。

作为建国 10 周年献礼,他们又研制成功我国第一台大型通用电脑 104 机。1958 年 5 月我国开始了第一台大型通用电子计算机(104 机)研制,在(前)苏联专家的指导帮助下,中科院计算所、四机部、七机部和部队的科研人员与 738 厂密切配合,于 1959 年国庆节前完成了研制任务。该机共有 4 200 个电子管,4 000 个晶体二极管,由 22 个机柜组成,它的字长 39 位,每秒运行 1 万次,1959 年建国 10 周年前夕通过试运算,共生产 7 台。至此,中国的大地上有了第一台自己的通用电子计算机,并且其主要技术指标均超过了当时日本计算机,与同期英国已开发的最快的计算机相比,也毫不逊色。

103 和 104 机都属第一代电子管计算机,它们的相继推出标志着我国初生的电脑事业蹒跚起步,并为我国解决了大量过去无法计算的经济和国防等领域的难题,填补了我国计算机技术的空白,是我国计算机工业发展史上第一个里程碑。

在研制 104 机同时,夏培肃院士领导的科研小组首次自行设计于 1960 年 4 月研制成功

一台大型通用电子计算机 107 机。该机字长 32 位,内存容量为 1 024 字节,有加减乘除等 16 条指令,主要用于弹道计算。

1964 年我国第一台自行设计的大型通用数字电子管计算机 119 机研制成功,平均浮点运算速度 5 万次/秒,参加 119 机研制的科研人员约有 250 人,有十几个单位参与协作。

我国第一代电子管计算机在原子弹(104 机)和氢弹(119 机)研制中发挥了作用。由于帝国主义的封锁政策,我国开始研制只能采取“全部采用国产器材,依靠自己的技术力量”的技术路线,119 机花了 5 年才研制成功说明在当时条件下一切从头做起研制大型计算机是件相当困难的事。我国第一代电子计算机研制的主要推动力是军事应用,民用计算机的需求还不很强烈。高技术往往首先在军事上得到应用,但高技术的普及推广和产业的形成要借助大量民用需求的拉动。这一点被世界各国高技术发展历史所证明,我国计算机产业发展历程也是如此。

在这期间,1961 年,由南京大学徐家福、北京大学杨芙清等人撰写的《程序设计》一书问世,这是一本我国早期有代表性的计算机高级语言通用教材。

我国电子计算机研制起步比美国整整晚一代。当国际上致力于第二代计算机产品时,我们正在研制第一代电子管计算机。

1.2.3 第二代晶体管计算机研制(1965~1972)

我国在研制第一代电子管计算机的同时,已开始研制晶体管计算机。

20 世纪 60 年代到 70 年代末在我国是一个特定的历史时期,西方大国对我国实行封锁,中苏关系恶化,迫使我国的主要科研活动多以国防和军工产品的研制开发为主,三年自然灾害以及文化大革命的冲击,使我国的国民经济几近崩溃的边缘,但是我国第一代计算机科研人员,以“自力更生”为指导方针,以军事应用为目标,以研制大、中、小型计算机为方向,在“从零到一”的起点上实现了新的跨越。

1965 年研制成功的我国第一台大型晶体管计算机(109 乙机)实际上从 1958 年起中科院计算所就开始酝酿启动。在国外禁运条件下要造晶体管计算机,必须先建立一个生产晶体管的半导体厂(109 厂)。经过两年努力,109 厂就提供了机器所需的全部晶体管(109 乙机共用 2 万多支晶体管,3 万多支二极管)。对 109 乙机加以改进,两年后又推出 109 丙机,为用户运行了 15 年,有效算题时间 10 万小时以上,在我国两弹试验中发挥了重要作用,被用户誉为“功勋机”。我国工业部门在第二代晶体管计算机研制与生产中已发挥重要作用。华北计算所先后研制成功 108 机、108 乙机(DJS-6)、121 机(DJS-21)和 320 机(DJS-6),并在 738 厂等 5 家工厂生产。

1953 年,哈尔滨军事工程学院(国防科大前身)成立,陈庚大将任院长。慈云桂被任命为海军工程系雷达教研室主任。1961 年,慈云桂随中国计算机代表团赴英国参加计算机学术会议,走访了英国剑桥、曼彻斯特和牛津等著名大学。他敏锐地注意到国际上计算机发展的主流方向已是全晶体管化,当即给学院领导写信,建议停止正在设计中的电子管通用数字计算机,并马不停蹄地收集资料,构思体系结构和基本逻辑电路。经过几年的精心设计和辛勤劳动,于 1964 年末他们终于用国产半导体元器件研制成功我国第一台晶体管通用电子计算机——441B/Ⅰ。1965 年 2 月该机通过国家鉴定,连续运行 268 小时未发生任何故障,稳定性达到当时的国际先进水平。1965 年末又研制成功 441B/Ⅱ型机,使我国计算机顺利进入第二代,并为国防科技事业作出贡献。

1966年1月,慈云桂率计算机代表团赴英国参观学习,访问了英国的计算机公司和国家物理实验室,以及牛津、剑桥等大学,历时8个多月,考察了几十台晶体管计算机。慈云桂又开始构思新的晶体管计算机体系结构和软件系统。回国后正逢“文化大革命”,他历尽磨难,但出“牛棚”的第二天便拖着病弱不堪的身体来到实验室指导大家设计。1970年初,441B/Ⅲ型计算机问世,这是我国第一台具有分时操作系统和汇编语言、FORTRAN语言及标准程序库的计算机。

441B系列机在天津电子仪器厂共生产了100余台,及时装备到重点大专院校和科研院所,平均使用10年以上,是我国20世纪60年代中期至70年代中期的主流系列机型之一。某基地的441B/Ⅲ型机总运行时间达48000小时,出色地完成了许多重要任务。慈云桂等人研制的计算机因而以技术先进和稳定可靠著称。

我国的第二代晶体管计算机大部分是“文化大革命”前夕研制的,而那时国外在发展第三代中小规模集成电路计算机,基本上已经晚了10年。我国第一、二代计算机的系统软件大多是自己开发,早期以前苏联的算子法为指导思想,1962年以后转到以ALGOL 60为基础的编译技术,开发了BCY、BX119等有影响的编译系统。但总的来讲,我国从研制第一代计算机开始就有重硬件、轻软件的倾向。

1.2.4 第三代基于中小规模集成电路的计算机 研制(1973~20世纪80年代初)

1. 从第二代向第三代的过渡

我国第三代计算机的研制受到“文化大革命”的冲击。1965年,中国开始了第三代计算机的研制工作。1969年为了支持石油勘探事业,北京大学承接了研制百万次集成电路数字电子计算机的任务,称为150机。1973年年初,由北京大学、北京有线电厂和燃化部等有关单位共同研制成功中国第一台百万次集成电路电子计算机150机,该机字长数48位,每秒运算100万次,主内存130k,主要用于石油、地质、气象和军事部门。

1974年清华大学等单位联合设计,研制DJS-130小型计算机,8月,第一台DJS-130机在北京无线电三厂试制成功,并通过鉴定。之后,131、132、135、140、152、153等共13个机型先后研制成功,近31个厂点生产,产量近千台。逐渐形成了我国第一种国产DJS-100系列机。“DJS”即“电子计算机”的汉语拼音首字母。与以往不同的是,DJS-100系列应用范围不再用于军事领域,而是在国民经济建设和军事建设中发挥了重要作用,承担了科学计算、数据处理、工业过程控制、数据采集、信息和事物处理等方面的工作。

与此同时,以华北计算所为主要基地,组织全国57个单位联合进行DJS-200系列计算机设计,同时也设计开发DJS-180系列超级小型机。于1976年12月,由华北计算机技术研究所、西北电讯工程学院和西北工业大学联合设计,南丰机械厂试制出第一台DJS-183机,又先后研制出184、185、186和1804共5个机型。

后来,我国又研制了655型(电子部32所)、151机(国防科大)、1001中型集成电路计算机和每秒可运算500万次的HDS-9机(华东计算技术研究所),这标志着中国计算机行业已完成了从第二代向第三代的过渡。

2. DJS-050机:我国第一台微型计算机,揭开了中国微型计算机发展历史

1977年4月,安徽无线电厂、清华大学和四机部六所联合研制成功我国第一台微型计算机——DJS-050机。从此揭开了中国微型计算机的发展历史。

同月,第四机械工业部和中国科学院联合主持召开了全国微型计算机专业会议,会议决定以 Intel8080、Motorola6800 两大芯片研制我国 DJS-050 和 DJS-060 两大系列微机产品。

1979 年,中国研制成功仿 8080 的 4 片微处理器和多片的 6800 微处理器,随后研制出单片的仿 8080 与 6800 微处理器,并以此为基础,研制出相应型号的微机 DJS-050 系列及 060 系列。

3. 银河-I 亿次巨型机:我国第一台亿次计算机

在计算机世界,如果我们把小型电子计算机比作地球,那么大型计算机就是太阳系,一台巨型机则是银河系了。这就是我国第一台巨型电子计算机叫做“银河”的原因了。

1978 年 3 月,科学的春天来临了。由邓小平同志亲自决断,研制亿次计算机的任务正式交给了国防科大的前身长沙工学院计算机研究所,慈云桂教授被任命为技术总指挥和总设计师。

经过五年的艰苦奋战,在极其简陋的条件下,慈云桂教授等电脑专家于 1983 年 12 月研制成功“银河 I 号”巨型计算机,运算速度达 1 亿次/秒。该机型共生产 3 台,分别安装于石油、西部计算中心和高校计算机研究所。

银河-I 亿次巨型计算机是我国自行研制的第一台亿次计算机系统。该系统研制成功填补了国内巨型机的空白,同时,银河巨型机的诞生使我国成为世界上为数不多能研制巨型机的国家之一。在我国计算机研究和制造领域中,银河巨型计算机的研制成功为中国计算机工业写下了最为辉煌的一页,成为中国计算机工业的骄傲。银河-I 巨型机是我国高速计算机研制的一个重要里程碑,它标志着我国文革动乱时期与国外拉大的距离又缩小到 7 年左右。

1.2.5 第四代基于超大规模集成电路的计算机 研制(20 世纪 80 年代中期至今)

1. 中国微机产业的高速发展

和国外一样,我国第四代计算机研制也是从微机开始的。这个时期已是改革开放几年后了,全国上下起了翻天覆地的变化。同时改革开放的热潮也把正在重振雄风的中国电脑业,一下子推向了市场竞争的最前沿。虽然早在 1977 年,清华大学等单位就研制出我国第一台微型电脑 DJS-050,但由于技术落后,微处理器(CPU)用 31 块集成电路拼装而成,一直没能大批生产。

1980 年初我国不少单位也开始采用 Z80、X86 和 M6800 芯片研制微机。1984 年,国家计算机工业总局副局长王之,委派卢明等一批青年技术专家在原电子工业部六所、738 厂、中国计算机服务公司的共同支持下开发出与 IBM PC 兼容的“长城 0520CH”微型计算机。并由 13 家工厂生产,首次产量突破万台,标志着中国微型计算机事业从科研迈入了产业化的进程,是中国计算机产业跨入市场的第一步。这台电脑不仅是我国第一台商品化个人电脑,而且还催生了一个新兴的电脑产业,中国微机产业的高速发展从此开始。

王之、卢明等人率先“下海”组建长城电脑公司,批量生产长城 0520CH,年产量很快超过万台,为普及电脑立下了汗马功劳;在今后的时间里,长城更是在我国的微机发展中起到了决定的作用,连续创下了多个第一。1987 年,第一台国产的 286 微机——长城 286 正式推出;1988 年,第一台国产 386 微机——长城 386 推出;1990 年,长城 486 计算机问世。

现今中国电脑业的龙头老大——联想也是在那个时期发展起来的。

1984年,中国电脑的发源地,也组建了一家“中科院计算所公司”,这就是后来更名为“联想”的企业集团。“联想”领头人柳传志带领11名员工艰苦创业,从生产汉卡开始,继而转向研制高质量的个人电脑,步步紧跟着电脑更新换代的世界潮流——联想386、联想486,直到发展为奔腾系列的联想电脑产品。1995年5月6日这看似平常的一天,联想第100万台电脑下线;第二年,联想电脑击败了国外品牌机的竞争,稳居国内市场第一名。

在长城、联想的带动下,神州大地涌现出一大批电脑制造企业,四通、方正、同创、实达、浪潮……,春潮涌动,百舸争流,成为带动中国电脑业发展的龙头。

2. 高性能计算机的发展

1992年国防科大研究成功银河-II通用并行巨型机,峰值速度达每秒4亿次浮点运算(相当于每秒10亿次基本运算操作),银河-II是共享主存储器的四处理机向量机,其向量中央处理机是采用中小规模集成电路自行设计的,总体上达到20世纪80年代中后期国际先进水平。

从90年代初开始,国际上采用主流的微处理机芯片研制高性能并行计算机已成为一种发展趋势。经过10多年努力,我国已面临对外开放的大好形势,与60~70年代相比,研制计算机的条件已有很大改变。根据国家“863”计划的部署,国家智能计算机研究开发中心经过分析,采取了符合技术发展趋势、有所为有所不为的技术路线,以较少的人力与资金投入和较短的设计开发周期,于1993年研制成功曙光一号全对称共享存储多处理机,这是国内首次以基于超大规模集成电路的通用微处理器芯片和标准UNIX操作系统设计开发的并行计算机并推向了市场。曙光一号并行机的创新实践探索了一条在改革开放条件下研制高性能计算机的路子。

沿着这一技术路线,1995年国家智能机中心又推出了国内第一台具有大规模并行处理机(MPP)结构的并行机曙光1000(含36个处理机),峰值速度每秒25亿次浮点运算,实际运算速度上了每秒10亿次浮点运算这一高性能台阶。曙光1000与美国Intel公司1990年推出的大规模并行机体系结构与实现技术相近,与国外的差距缩小到5年左右。

1997年国防科大研制成功银河-III百亿次并行巨型计算机系统,采用可扩展分布共享存储并行处理体系结构,由130多个处理结点组成,峰值性能为每秒130亿次浮点运算,系统综合技术达到90年代中期国际先进水平。

近几年来,国外大力发展具有高扩展性与高可用性的机群系统(Cluster),这已成为高性能计算机的主流发展趋势。国家智能机中心与曙光公司于1997~1999年先后在市场上推出具有机群结构的曙光1000A,曙光2000-I,曙光2000-II超级服务器,峰值计算速度已突破每秒1000亿次浮点运算,机器规模已超过160个处理机,2000年将推出每秒浮点运算速度3000亿次的曙光3000超级服务器。在超级服务器的研制中,技术突破的重点集中在高速互连和易于管理、具有单一系统映象的机群操作系统和方便用户使用的编程及运行环境。曙光机群超级服务器的起步比国际上同类产品(如IBM RS6000SP系列)晚3~4年,但目前已能做到与IBM同步推出新产品,在市场上具有较强竞争力。

1999年9月,“神威”由国家并行计算机工程技术研究中心牵头研制成功并投入运行。江泽民亲笔题名“神威”。在我国国民经济伴着21世纪的曙光蓬勃发展的今天,“神威”以我国前所未有的优越品质和高超性能,为促进科学技术和国民经济的发展提供了强有力的智力支持和动力源泉。

“神威”高性能主要表现在,它是一种可缩放大规模并行计算机系统,其峰值运算速度可

高达每秒 3 840 亿浮点结果,位居当今全世界已投入商业运行的前 500 位高性能计算机的第 48 位。其主要技术指标和性能达到国际先进水平,使我国成为继美国、日本之后,世界上第三个具备研制高性能计算机能力的国家。

纵观 40 多年来我国高性能通用计算机的研制历程,从 103 机到曙光机,走过了一段不平凡的历程。总的来讲,除了文革动乱时期外,我们的研制水平与国外的差距在逐步缩小。表 1.2 列出每一代(其中第四代又分为几种典型体系结构)国内外标志性计算机推出的时间,其中国外的代表性机器为 ENIAC,IBM 7090,IBM 360,CRAY-1,Intel Paragon,IBM SP-2,国内的代表性计算机为 103,109 乙,150,银河-I,曙光 1000,曙光 2000。

表 1.2 中美两国计算机研制水平的差距

机型	第一代	第二代	第三代	向量机	大规模并行机	机群
美国	1946	1959	1964	1976	1990	1994
中国	1958	1965	1973	1983	1995	1998
推出时间相关年数	12	6	9	7	5	4

在计算机研制方面我国与发达国家的差距主要不是推出同类型机器比国外晚几年,而是在于以下两点:

(1) 原始创新少,我们推出的计算机绝大多数都是参照国外机器做一些改进,几乎还没有一种被用户广泛接受的体系结构由我们自己创新发展出来。

(2) 研制成果的商品化、产业化落后于发达国家。除了微机取得了令人自豪的产业化业绩外(但自主知识产权不多),工作站以上的高性能计算机的产业化道路还在摸索之中。

我国国防科研单位曾研制成功具有当时国际领先水平的巨型机,但美国政府对我国制定高性能计算机禁运标准时还是参考我国有市场竞争力的产品。曙光超级服务器已在市场上推出的是百亿次水平,目前的禁运限制也是百亿次水平。这也说明产业化市场化能力是一个国家计算机实力的主要标志。

1.3 计算机的特点及分类

1.3.1 计算机的特点

1. 运算速度快

运算速度是计算机的一个重要性能指标。计算机的运算速度通常用每秒钟执行定点加法的次数或平均每秒钟执行指令的条数来衡量。运算速度快是计算机的一个突出特点。计算机的运算速度已由早期的每秒几千次(如 ENIAC 机每秒钟仅可完成 5 000 次定点加法)发展到现在的最高可达每秒几千亿次乃至万亿次。这样的运算速度是何等的惊人!

计算机高速运算的能力极大地提高了工作效率,把人们从浩繁的脑力劳动中解放出来。过去用人工旷日持久才能完成的计算,而计算机在“瞬间”即可完成。曾有许多数学问题,由于计算量太大,数学家们终其毕生也无法完成,使用计算机则可轻易地解决。

2. 计算精度高

在科学研究和工程设计中,对计算的结果精度有很高的要求。一般的计算工具只能达

到几位有效数字(如过去常用的四位数学用表、八位数学用表等),而计算机对数据的结果精度可达到十几位、几十位有效数字,根据需要甚至可达到任意的精度。

3. 存储容量大

计算机的存储器可以存储大量数据,这使计算机具有了“记忆”功能。目前计算机的存储容量越来越大,已高达千兆数量级的容量。计算机具有“记忆”功能,是与传统计算工具的一个重要区别。

4. 具有逻辑判断功能

计算机的运算器除了能够完成基本的算术运算外,还具有进行比较、判断等逻辑运算的功能。这种能力是计算机处理逻辑推理问题的前提。

5. 自动化程度高,通用性强

由于计算机的工作方式是将程序和数据先存放在机内,工作时按程序规定的操作,一步一步地自动完成,一般无须人工干预,因而自动化程度高。这一特点是一般计算工具所不具备的。

计算机通用性的特点表现在几乎能求解自然科学和社会科学中一切类型的问题,能广泛地应用各个领域。

1.3.2 计算机的分类

1. 按工作原理分类

计算机处理的信息,在机内可用离散量或连续量两种不同的形式表示。离散量也称为断续量,即用二进制数字表示的量(如用断续的电脉冲来表示数字0或1)。连续量则用连续变化的物理量(如电压的振幅等)表示被运算量的大小。根据计算机信息表示形式和处理方式的不同,可将计算机分为以下两大类:

- 电子数字计算机(采用数字技术,处理离散量)
- 电子模拟计算机(采用模拟技术,处理连续量)

其中,使用得最多的是电子数字计算机,而电子模拟计算机用得很少。由于当今使用的计算机绝大多数都是电子数字计算机,故将其简称为电子计算机。

2. 按应用分类

根据计算机的用途和适用领域,可分为通用计算机、专用计算机。

通用计算机的用途广泛,功能齐全,可适用于各个领域。专用计算机是为某一特定用途而设计的计算机。其中,通用计算机数量最大,应用最广,目前市面上出售的计算机一般都是通用计算机。

3. 按规模分类

根据计算机的规模(主要指硬件性能指标及软件配置)大小,可分为巨型机、大型机、中型机、小型机、微型机。

前已述及,当今计算机的发展呈现出多极化的趋势,而微型化和巨型化则是其中的两个重要方向。多极化是指巨、大、中、小、微各机种,均在发展,它们在计算机家族中都占有一席之地,拥有各自的应用领域。其中,微型机发展最快、数量最多、应用最普及。

1.4 计算机的主要应用

计算机所具有的高速度运算、逻辑判断、大容量存储和快速存取等特性,决定了它在现

代人类社会的各种活动领域都成了越来越重要的工具。利用科学研究的成果进行生产和管理属于改造世界的范畴,在整个过程中,计算机都是极为有力的工具。

计算机应用范围相当广泛,涉及科学研究、信息管理、工农业生产、军事技术和文化教育等各个方面。

1. 数值计算

计算机广泛地应用于科学和工程技术方面的计算,这是计算机应用的一个基本方面。计算机高速度、高精度的运算能力可以解决过去靠人工无法解决的问题,如气象的精确化和实时性以及高物理实验数据的实时处理等,都要依靠计算机才能得到实现。

计算机所具有的运行能力和逻辑判断能力,促进了计算力学、计算物理、计算化学、生物控制论和设计新材料等学科的出现,改变了某些学科传统的研究方法。

2. 数据处理

用计算机对数据及时地加以记录、整理和计算,加工成人们所要求的形式,称为数据处理。数据处理与数值计算相比较,它的主要特点是原始数据多、处理量大、时间性强,但计算公式并不复杂。在计算机应用普及的今天,计算机已经不再只是进行科学计算的工具,计算机更多地应用在数据处理方面,如对工厂的生产管理、计划调度、统计报表、质量分析和控制等;在财务部门,用计算机对账目登记、分类、汇总、统计、制表等。用计算机进行文字录入、排版、制版和打印,比传统铅字打印速度快、效率高,并且使用更加方便;用计算机通信即通过局域网或广域网进行数据交换,可以方便地发送与接收数据报表和图文传真。

计算机用于信息管理,为管理自动化、办公自动化创造了重要条件。事实上,计算机在非数值方面的应用已经远远超过了在数值计算方面的应用。

3. 过程控制

在过程控制方面,计算机有完全代替控制仪表的趋势。计算机在控制上的应用现分为4个方面:一是用于记录数据、生成报表及数据的处理;二是用作中央巡回检测,检测结果作为运行参考;三是用作中央监控,以便实现最优化调度;四是代替自动化仪表并实行最优控制。例如,在连续生产过程中用分布式集散系统代替传统的PID仪表已经成功。在批量生产过程中,用计算机控制可使生产过程接近最优,例如用计算机控制机床的切削,进刀量可以选择得最优,从而使加工时间最短,加工精度提高。用计算机可以控制轧钢、炼钢,控制锅炉燃烧等。在机械制造行业,用计算机控制的柔性制造系统可以在同样的设备上很快地更改产品,以适应不断变化的市场需求。现在,世界上用于在线过程控制的计算机已有几百万台。世界炼钢计算机化的程度已接近80%~90%。

4. 生产自动化

计算机在生产过程自动化和管理之间的应用也有很大的发展。例如我国纺织厂大量推广、应用的布机监控系统,用计算机联机统计布长、经断、纬断、事故停机和接线停机等5个指标,可以迅速查找到影响纺织品质量的原因,从而既有利于质量的改进,又提高了产量,而且还大大减轻了工人的劳动强度。

生产过程自动化和管理自动化的结合所形成的计算机集成制造系统(CIMS)是未来的发展方向。CIMS的高级阶段是无人工厂。日本在1973年开始在政府支持下研制无人制造系统,经过几年的努力已完成包括基本原理、功能、结构、辅助系统以及有关的计算机软件的设计。1977年动工兴建一个制造减速器和冷动机的无人工厂,已于80年代末完成。该无人工厂分为生产设备、控制中心、供应、制作、发货等管理子系统组成。生产设备管理子系

统中包括自动化仓库、制造线及计算机软件与废品处理等。该工厂生产设备在无人监视下 24 小时工作,每天只需极少的人检查运行情况并作一些生产准备工作。每台设备都由 1 台微机控制,生产效率与同类工厂相比提高 70 多倍。

操作自动化的发展趋势是智能机器人的研究和应用,智能机器人研究属人工智能的研究范畴。如前所述,人工智能就是用计算机模拟人类的智能,使计算机具有人脑的(部分)功能。所谓智能机器人就是一台电脑机器,该机器能听、看、说、想、推理、执行操作,从而达到人的各种功能。现在的机器人已能识别景物、辨认颜色;从生产线中取出所需零件;有的机器人已知道利用工具协助干活,如搬动一个椅子垫脚去拿够不着的东西等。现代智能机器人的“智商”已越来越高,不过多用在危险性极高、环境十分恶劣、重复单调和工作繁重的场合。工作在各种生产线上的机器人最多,也有在医院、饭店服务的机器人。将来,主操家务的机器人将使您省心、省时、省力。“饭来张口,衣来伸手”将会被看作是现代人的一种时尚。当今已有成千上万个机器人在世界各地服务。

5. 辅助设计

计算机辅助设计(CAD),就是利用计算机协助进行机器及其零部件的设计,把方案的选择、方案的计算、方案审查和确定,以及设计图纸的绘制等集成一个系统,大大加快了设计速度。一架飞机的设计,如果用人工设计方法一般要 1~2 年,若用计算机辅助设计 3~5 个月即可完成。现在各行各业均在研究采用计算机辅助设计,从航天、航空、航海设备、尖端武器、大型发电机组、大型化工设备、大型机床、拦河大坝、半导体线路、汽车、火车等多种产品到房屋建筑、服装、玩具、电视电影、绘画着色等都已或正准备采用计算机辅助设计。在辅助设计中用计算机模拟代替模型实验、中间试验甚至实物实验已证明是非常有效的。例如用计算机模拟核武器的爆炸过程及其对人体和物体的辐射影响,不仅可以避免危险,节省大量的人力、物力、资金,而且能大大加速研制的速度,提高产品的质量。

6. 办公自动化与决策支持

计算机在管理方面的应用已成为计算机应用的最主要领域,这种应用小到一个店铺的管理,大到一个国家的经济甚至跨国公司的管理,应用范围已从企事业单位深入到千家万户。过去在数据处理方面的应用现在正推向更广阔的领域——办公自动化。当今的办公自动化系统包括了信息的输入、文字、声音、图形、图像的处理,电子邮件管理,报表自动生成等。已发展起来的电子会议室和报告厅可使越来越多的人减少出席会议的时间和多种出差事宜,提高办事效率。办公自动化能大大支持知识工作,提高劳动生产率。

计算机在管理上的应用越来越要求计算机支持高层决策,支持知识工作,进而支持智能工作,从而出现了智能决策支持系统。这种系统是 20 世纪 70 年代逐渐发展起来的一种新型的管理信息系统,是计算机技术、人工智能技术和管理科学相结合的知识系统。这种系统以需求(问题)为驱动,能支持多种常用的系统分析和决策形成方式,能支持高层目标决策、检索各种有关的模型和数据,支持灵敏度分析,具有良好而友善的用户界面,使用方便灵活。除了具有常规的各种知识表达范式以外,还有数值计算模型、表格和统计图、态势图等图形模型以及相应的数据库和知识库。它通常还包含一个专家系统。所谓专家系统是模拟人们经验的一种知识系统,它可以把领域专家的经验存放到计算机中,使计算机作出的决策如同领域专家作出的决策,并能进行类似领域专家的咨询。随着信息时代的到来,世界上的政治、经济、军事等形势瞬息万变,靠传统的方式已无法对形势作出科学的判断,也就无法及时地作出正确的反应和决策,这就需要一种辅助工具来帮助人们提高决策的科学性和有效性。

因此,智能决策支持系统一出现就受到了高度重视,并引起了各行各业人士尤其是企业家、高层管理者、公司“老板”等人士的极大兴趣。

7. 人工智能

计算机有记忆能力,又擅长进行逻辑推理运算,因此计算机可以模仿人的思维,让计算机具有一定的学习和推理功能,能够自己积累知识,并且独立解决问题,这就是计算机的人工智能。例如,计算机可以对计算机高级语言进行编译和解释;不同国家语言之间的机器翻译;在很多场合下,装上电脑的机器人可以代替人们进行繁重的、危险的体力劳动和部分简单重复的脑力劳动。

8. 信息战与电子战

信息战的概念,最早是美国空军于20世纪80年代中期提出来的。信息战是时代的产物,电子战是实现信息战的重要手段。信息技术用于军用目的就必然导致信息战场——数字化战场的产生。现在,一艘护卫舰上已有几百个微处理器,一架战斗机上有几十台微处理器。几乎所有的武器都将进行“微处理器改装”,使之步入“现代化武器”行列。当武器被“嵌入微型电脑”后,“笨弹”就变“巧弹”,“巧弹”就变“智能弹”。所谓“数字化”实际上就是微处理器化——信息变成数字量后才能由计算机高速处理。

微电子是信息战的“基因”,由于它可把信息采集、交换、存储等功能集中在一个微型芯片上,因而可使军事通信数字化、信息交换程控化、通信管理自动化、通信器材智能化;可大幅度提高军事装备系统性能,使控制雷达的信息处理速度提高十至数十倍;可极大地提高战场情报获取、指挥、通信、目标识别、精确制导的能力。

电子战采用的硬杀伤手段之一是投放微波炸弹,这种炸弹爆炸后释放的能量可使大规模集成电路瞬间短路烧毁、电子设备完全瘫痪。例如,在海湾战争期间,美国总统布什就曾考虑采用干扰伊拉克的电脑系统的办法来控制伊拉克政府的财政运作体系,以对其造成致命性的打击。但美国中央情报局的高级官员认为,扰乱他国的财政系统是“小人”行为,会遭到美国人民的反对,而且亦容易引起敌国作出类似的报复行为。因而布什政府最终放弃了这种策略,但此举已显示了信息战的确可以做到瘫痪敌人后防的目的。但是美国在“沙漠盾牌”行动中,还是动用了34颗侦察卫星、260多架电子侦察机、40多架预警机、21个电子对抗营,截取伊军全部超高频、高频无线电信号,收集并存储了几十万条信息。接着又用多种信息系统和电子干扰设备对伊军的C³I系统(Command Control Communication and Intelligence)即军事指挥自动化系统实施软杀伤和硬摧毁,使伊军C³I系统瘫痪,导致通信联络中断,雷达迷盲,导弹、飞机、高炮的火控系统失灵,甚至在美军F-117A战斗机将第一枚2000磅重的激光制导炸弹投到巴格达电信大楼顶上40min之后,巴格达市才实行灯火管制;在萨达姆宣布撤军以后,伊军一线作战部队甚至还毫无所知。在这次战争中,多国部队拥有信息的绝对优势也掌握了战场的主动权。双方在兵力、装备上基本相当:伊军兵力54万人、坦克4280辆、装甲战车2800辆、火炮3200门;作为多国部队主力的美军52.7万人、坦克2200辆、装甲战车2800辆。然而战场的形势却是:伊军很快损失了坦克86%、装甲战车55%、火炮85%。这里信息发挥了关键作用。这场战争是高科技战争的一个范例。

也许未来的战争会演变成电子科技实力上的对比。最近,法国在各国反核声中仍坚持核试验,目的就是要在实现电脑模拟核试验之前收集到足够的数据,以便建立一个核爆模型。美国之所以热衷于全面禁止核试验,就是由于其核试验基本上已完全可以在电脑上作模拟操作了。也许有一天,战争会像科幻小说所描写的那样,只需在电脑上作一次模拟操

作,便会知道谁胜谁负。但战争是政治利益冲突的最终解决形式,战争给人民带来的痛苦却是任何电子科技所无法解决的。

9. 电子商务

电子商务的主要功能包括网上广告、宣传、订货、付款、货物递交、客户服务等,另外还包括市场调查分析、财务核算及生产安排等所有因特网上的商务活动。由于电子商务带来的快捷商务交易方式,越来越为政府、企业所重视。电子商务包括电子邮件交换、电子数据交换、电子资金转账、快速响应系统、电子表单和信用卡交易、网上交易安全系统等电子商务的一系列应用。

10. 虚拟现实技术

虚拟现实技术是将计算机、通信网络、传感器、图文声像等多种技术和设备组合起来创造出的一个虚拟的“真实世界”,在这个世界里,人们看到、听到和触摸到的都是一个并不存在的虚幻景物,是现代高超的计算机模拟技术使我们产生了“身临其境”的感觉。例如,学生们坐在没有黑板和讲台的教室里,只要戴上一顶特殊的头盔、手握操纵杆,眼前就会出现一幅幅栩栩如生的景象。上化学课时,学生们通过电脑将采集的一个氧原子和两个氢原子合在一起,眼前就会出现一个网状的水球,这是学生们自己创造的水分子。上物理课时,学生们可以自己动手创造出降雨、水汽蒸发等自然景观,亦真亦幻、生动有趣,这种新颖的教学方式就是通过虚拟现实技术实现的。

虚拟现实技术为人们提供了一种理想的教学手段,目前已广泛应用在军事教学、职业培训、体育训练和医学实习中。对于第一次走上手术台的医生来说,都免不了会紧张恐慌,但借助虚拟现实技术,情形就好多了。他们可以在显示器上一遍又一遍地模拟手术、移动人体内的各种器官、寻求最佳手术方案。这种模拟器显示的人体结构可以达到乱真的程度。比如医生可以观察虚拟器官对刺激的反应;如果开刀,虚拟血液就会从伤口处汩汩流出;如果解剖器官,就会显示出器官被一分为二后的内部情形。英国曼彻斯特皇家医院研制的模拟器还配有特殊手套,医生戴上后去“抓住”、“移动”、“挤压”某一器官时,还会感觉到“力反馈”,好像在人体里真实操作一样。

随着计算机技术的进步,特别是多媒体技术的进步,虚拟现实技术近年来也得到了长足的发展。美国宇航局埃姆斯研究中心的科学家将探索火星的数据进行处理后,构造了火星的虚拟现实图像。研究人员可以看到全方位的火星表面景象——高山、平川、河谷,以及纵横的沟壑里被风化得斑斑驳驳的巨石。所有这些都显得十分清晰逼真,而且不论你从哪个方向看这些图,视野中的景象都会随着你头的转动而改变,就像真的置身于火星上漫游、探险一样。

当然,要使虚拟现实图像达到以假乱真的效果并不容易,这需要大量的图像、数字信息和相应的信息传输、显示技术,图像压缩和解压缩技术等。例如美国德克萨斯州的第一个“可见的人”的虚拟图像就是由数千帧人体不同截面的射线、磁和光的图像组成的,所有这些信息经技术处理后被存储起来,医生们只要通过交互网络调用,就可看到详细的人体图。“可见的人”信息量巨大,它所占用的信息空间相当于《大不列颠百科全书》信息量的 50 多倍。

在人们的日常生活中,电子游艺机可以说是最常见最简单的虚拟现实系统了,它所形成的人机合一的特殊环境,可以使人们初步领略到自己编辑、导演故事并担任故事中当事人的乐趣。另外,国外已出现了可以帮助顾客卖房、购房的虚拟现实服务。在日本松下公司设计的“虚拟厨房”里,顾客可以把想买的设备和餐具安置在厨房的相应位置,自己“走进去”看看是否合适。虽然人们知道这一切都是虚拟的,但仍会被它那逼真的效果所迷惑,一不小心就

会全身心地投入进去,并且最终买走了自己称心的商品。

此外,还有虚拟实验室、虚拟仓库、虚拟商场、虚拟证券交易所、虚拟战场……。

11. 家庭电子化

家庭电子化可能是计算机应用进一步发展的一个最终领域。计算机进入家庭后,家庭不再仅仅是生活休息的场所,也将是一个工作场所、学习场所、购物场所、娱乐场所。人们可以利用计算机终端和相应的配套设备为各自的企事业服务而用不着非去办公(或工作)地点去上班,人们利用计算机辅助教学(CAI)系统和智能教育软件使孩子们在家里获取知识接受各种教育,人们可以利用计算机经商业网络在家里购买自己所需的商品,人们利用多媒体计算机系统在家可直接享受电影院的影视效果。

在不久的将来,家庭中将拥有按声控指令程序工作的洗衣机、洗碟机、缝纫机、录音机、录像机、游戏机……一台多媒体家用电脑会为人们完成下列事务:定时响铃、调温、开音响、做饭、自动采光与报警、结算、付账、取电子邮件、编排菜谱、写备忘录、与外界联系等。

当您晚上疲惫不堪时,可以从书架上任意取下一本书,放入电脑阅读机,就可以舒舒服服地躺在沙发上听电子阅读机给您和风细雨的朗读声。当您想同时看到画面、影像时,再按一下遥控器即可。

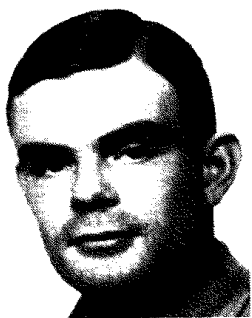
电脑会帮助人们维护各种家用电器、交通工具、玩具;会帮助我们对孩子进行课外辅导;会帮助我们选择职业;会提供各种详尽的资料;会在极短的时间内查寻到我们要找的人。

将来家中的机器人将融厨师、女佣、医生、艺术辅导员、生活咨询专家、法律顾问于一体,为我们提供仙境般的生活服务。

1.5 计算机领域的著名科学家

1.5.1 阿兰·麦迪森·图灵

阿兰·麦迪森·图灵(Alan Mathison Turing,1912~1954)于1912年6月23日出生于伦敦近郊,1954年死于英国的曼彻斯特,他是计算机逻辑的奠基者,许多人工智能的重要方法也源自于这位伟大的科学家。他对计算机的重要贡献在于他提出的有限状态自动机也就是图灵机的概念,对于人工智能,它提出了重要的衡量标准“图灵测试”,如果有机器能够通过图灵测试,那它就是一个完全意义上的智能机,和人没有区别了。他杰出的贡献使他成为计算机界的第一人,现在人们为了纪念这位伟大的科学家,将计算机界的最高奖定名为“图灵奖”。



图灵是个天才。他16岁开始研究爱因斯坦的相对论。1931年,他进入剑桥大学,开始研究量子力学、概率论和逻辑学。这一逻辑学当然不是哲学史上的逻辑学,而是由剑桥大学的怀特海和罗素创立的数理逻辑。天才的图灵在数理逻辑大本营的剑桥大学提出一个设想:能否有这样一台机器,通过某种一般的机械步骤,能在原则上一个接一个地解决所有的数学问题。1936年图灵发表一篇著名的论文“论数字计算在判决难题中的应用”。他提出了一种十分简单但运算能力极强的理想计算装置,用它来计算所有能想象得到的可计算函数。它由一个控制器和一根假设两端无界的工作带组成。工作带起着存储器的作用,它被划分为大小相同的

方格,每一格上可书写一个给定字母表上的符号。控制器可以在带上左右移动,控制带有一个读写头,读写头可以读出控制器访问的格子上的符号,也能改写和抹去这一符号。这一装置只是一种理想的计算模型,或者说是一种理想中的计算机。这就是电脑史上与“冯·诺依曼机器”齐名的“图灵机”(见图 1.21)。

在这篇开创性的论文中,图灵给“可计算性”下了一个严格的数学定义,并提出著名的“图灵机”(Turing Machine)的设想。“图灵机”不是一种具体的机器,而是一种思想模型。它由 3 部分组成:一条带子,一个读写头和一个控制装置,能计算出任何给定的计算,也即能执行任何可能的任务。

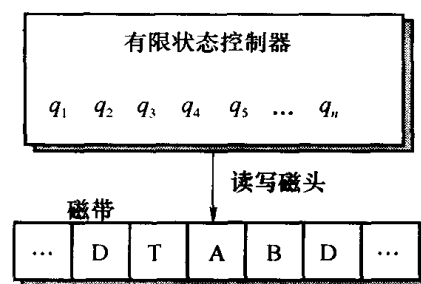


图 1.21 图灵机模型

图灵的这一思想实际上奠定了现代计算机的基础。电脑事实上就是用相应的程序来完成任何设定好的任务。同年,图灵赴美,在普林斯顿高等研究院进修,遇见了冯·诺依曼,后者对他的论文击节赞赏,冯·诺依曼后来一再强调,他的“存储程序”的思想主要来自图灵。正如飞机的真正成功得力于空气动力学一样,计算机由模拟计算向数字计算的飞跃中,图灵的理论起了至关重要的作用。

1947 年图灵写了一份内部报告,提出了“自动程序”的概念,但由于英国政府严密死板的保密法令,这份报告一直不见天日,1969 年美国的瓦丁格(Woldingger)发表了同样成果,英国才连忙亮出压在箱底的宝贝,1970 年给图灵的报告“解密”。图灵的这份报告后来收入爱丁堡大学编的《机器智能》论文集中。更令人扼腕的是,图灵早在 1945 年就提出“仿真系统”的思想,并有一份详细的报告,想建造一台没有固定指令系统的电脑,它能够模拟其他不同指令系统的电脑的功能,但这份报告直到 1972 年才公布。这说明图灵在二战结束后就开始了后来被称为“人工智能”领域的探索,他开始关注人的神经网络和电脑计算之间的关联。1950 年,图灵发表了里程碑式的论文“电脑能思考吗?”,第一次提出“机器思维”的概念。图灵逐条反驳了机器不能思维的论调,作出了肯定的回答。图灵提出一个假想:一个人在不知情的条件下,通过一种特殊的方式,和一台机器进行问答,如果在相当长时间内,他分辨不出与他交流的对象是人还是机器,那么,这台机器就可以认为是能思维的。这就是著名的“图灵测试”(Turing Testing)。图灵预言,在 20 世纪末,一定会有电脑通过“图灵测试”,电脑能做我们想象不到的事情。时至今日,图灵的天才预言终于在 IBM 的“深蓝”上得到彻底实现。

图灵英年早逝。在他 42 年的人生历程中,他的创造力是丰富多彩的,他是天才的数学家和计算机理论专家。他 24 岁提出图灵机理论,31 岁参与 COLOSSUS 的研制,33 岁设想仿真系统,35 岁提出自动程序设计概念,38 岁设计“图灵测验”。这一朵朵灵感浪花无不闪耀着他在计算机发展史上的预见性。阿兰·图灵本人被人们推崇为“人工智能之父”,在计算机业十倍速变化的历史画卷中永远占有一席之地。

1.5.2 冯·诺依曼

冯·诺依曼(Von Neumann),著名美籍匈牙利数学家。1903 年 12 月 3 日生于匈牙利布达佩斯的一个犹太人家庭。1957 年 2 月 8 日在医院逝世,享年 53 岁。

他先后进入柏林大学和苏黎世技术学院学习。1925 年毕业,获化学工程师称号。1926

年获布达佩斯大学数学博士学位。毕业后在德国汉堡大学任教。1930 年移居美国,在普林斯顿大学和该校高级研究所工作。1945 年任计算机研究所所长,1954 年任原子能委员会委员。



第二次世界大战欧洲战事爆发后,冯·诺依曼的活动越出了普林斯顿,参与了同反法西斯战争有关的多项科学研究计划。1943 年起他成为制造原子弹的顾问,战后仍在政府诸多部门和委员会中任职。1954 年又成为美国原子能委员会成员。

他于 1944 年参加了由 J·W·莫奇利和 J·P·埃克特领导的 ENIAC 计算机的研究工作,在计算机的理论和设计方面发挥了重要作用。

1945 年,他发表了离散变量自动电子计算机 EDVAC 计算机设计方案,提出全新的措施。1946 年,他与 J·巴科斯等合作,提出了更加完善的计算机设计报告《电子计算机逻辑设计初探》,这对于现代计算机的发展具有重要的意义。

迄今为止,世界上各类计算机的基本结构大多数建立在冯·诺依曼计算机模型基础上。冯·诺依曼作为美国阿伯丁试验基地的顾问参加了 ENIAC 机的研制工作,从中受到很多启发。1946 年,他在他所领导的计算机研制小组进行计算机新方案的设计过程中,吸取了科学工作者的长期艰苦研究成果的精华,明确提出了两个极其重要的思想:存储程序和二进制。

众所周知,任何复杂的运算都可以分解为一系列简单的操作步骤,如较复杂的乘法可以分解为一系列简单的加法操作来完成。不过,这些简单操作应是计算机能直接实现的被称之为“指令”的基本操作,如加法指令、减法指令等等。

在用计算机解算一个题目时,其基本做法是:先确定分解的算法,编制计算的步骤,选取能实现相应操作的指令,构成所谓的“程序”(一组顺序执行的指令)。如果把程序和解算问题时所需的一些数据均以计算机能识别和接受的二进制代码形式预先按一定次序存放到计算机的内存储器中,计算机运行时就可从存储器中取出一条指令,实现一个基本操作,以后自动地逐条取出指令,执行所指的操作,继续这个过程,最终便完成一个复杂的运算。这个原理就是存储程序的基本思想。

根据存储程序的原理,计算机解题过程就是不断引用存储在计算机中的指令和数据的过程。只要事先存入不同的程序,计算机就可以实现不同的任务,解决不同的问题。可见,存储程序与 ENIAC 机繁琐的外部接线法截然不同,它使计算机的编程(程序设计)发生了质的变化,极大地方便了计算机的使用。

所谓“二进制”这里是指计算机中的指令和数据均以二进制代码的形式存储。早先的计算机为了迎合人们的使用习惯而在设计时采用十进制表示,致使计算机结构非常复杂,也阻碍了计算速度的提高和发展。精通数学的冯·诺依曼在其设计方案中勇敢地抛弃了使用几千年的十进制,提出了用二进制表示计算机信息的思想。二进制只有 0 和 1 两个数,容易表示、容易实现,例如可用电子器件的截止和饱和两个稳态即高电平和低电平表示。而且二进制运算规则比十进制简单得多,这样可极大简化计算机的结构,运算速度也可大大提高。可以说,如果没有“二进制”和“存储程序”这两个革命性思想,当时的计算机技术是难以飞跃发展的。

“存储程序”原理和“二进制”思想奠定了现代计算机设计的基础,进一步明确了计算机

五大组成部分的关系。

冯·诺依曼式计算机的硬件由五大部件组成：运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备。

(1) 运算器

运算器是计算机加工处理信息并形成信息的加工厂，其主要功能是完成对数据的算术运算、逻辑运算和逻辑判断，所以有时也称为算术逻辑单元(ALU)。

(2) 存储器

这是计算机的记忆设备，主要用来保存数据、运算结果和程序，并随时向运算器或控制器提供所需的数据或程序。因此，存储器必须具备存数和取数功能(简称存取功能)。“存”和“取”有时也称为“写”和“读”。

存储器分为内存储器和外存储器两大类。内存储器简称内存，也称主存，设在计算机主机内，用于存放当前要用的数据和程序。内存的存取速度快，价格也较贵，容量不可能做得太大，因而存放的信息有限。外存储器简称外存，也称辅存，设在计算机主机之外，如磁盘、光盘、磁带等。外存存放当前暂不用的信息，待需要时才调入主存。外存价格相对便宜一些，因而存储容量可以做得大一些，存放的信息量比内存多得多。

(3) 控制器

控制器是计算机的指挥中心，它实现各部件的联系，并控制和指挥计算机自动工作。其主要功能是自动地依次从内存中取指令；分析指令；根据指令分析结果，产生一系列相应的控制命令发向存储器、运算器或输入输出设备，让它们执行指令规定的操作；接受执行部件发出的反馈信息，决定下一步应发布的控制命令等。

(4) 输入设备

主要用于把用户的数据和程序等信息转变为计算机能接受的电信号送进计算机，常用的输入设备有键盘、卡片输入机、扫描仪声控等。

(5) 输出设备

主要用于将计算机的运算结果或工作过程按用户所要求的形式表现出来。常用的输出设备有屏幕显示器、行式打印机、电传打印机、激光打印机、绘图仪等。

输入/输出设备常简称为 I/O 设备，它们统称为外围设备(简称外设)。

计算机的运算器和控制器结合在一起称为中央处理器(CPU)。若将 CPU 集成在一块芯片上，便构成一个微处理器。CPU 和内存一起称为主机。主机相当于人的大脑，用于记忆事件，进行分析、判断、运算处理，并控制各部分协调工作，准确地完成指定的任务。外设是沟通与主机联系的桥梁，好比人的视、听、嗅、触觉器官和能进行动作的四肢躯干。外设配备适当、性能好，计算机使用起来就方便灵活，反之若主机再好，若外设不“灵”、不便，操作繁琐，可靠性差，主机也难以发挥优势。

冯·诺依曼式计算机体系在计算机发展中一直占据非常重要的地位，他对计算机发展所作出的杰出贡献已成为科技发展史册中光辉的一页。

1.5.3 查尔斯·巴贝奇

作为英国维多利亚时代最杰出的人物之一，查尔斯·巴贝奇(Charles Babbage)是一位颇具争议的人物。他是一位数学天才，却又在数学领域的发展中转向研究经济；他以计算机的发明闻名于世，但他设计的分析机却从来没有真正完成过；他的一生都在为计算机的发明

卧薪尝胆,却因为好奇心和广泛的兴趣提出了新的管理思想。这些因素使他在泰罗创立科学管理之前,就已经提出了与科学管理密切相关的理论和方法,成为管理思想领域中的一位重要人物。



查尔斯·巴贝奇 1791 年 12 月 27 日出生于英格兰得文郡 (Devon Shire) 一个富有的家庭,父亲是一位出色的银行家。幼年的巴贝奇体弱多病,没有接受学校的正规教育,而是由家庭教师对他进行辅导,直到 14 岁才进入中学学习。因为聪明好学,19 岁的巴贝奇被保送进剑桥大学三一学院,攻读数学和化学。在这里,巴贝奇显示出了过人的数学天赋,他所掌握的数学知识甚至超过了老师。那时的剑桥大学以数学教学为中心,推崇牛顿的科学理论,而排斥其他新的学术思想。学校为此专门设立了数学竞赛荣誉学位奖。

巴贝奇没有循规蹈矩地去追逐这一官方荣誉,而是参与创建了致力于数学研究和科学普及的“分析学会”,该学会后来对数学在英国的复兴起到了重大的推动作用,与此同时,巴贝奇的学术地位和名望也与日俱增。1814 年和 1817 年,巴贝奇先后在三一学院取得了学士和硕士学位。从 1815 年起,他开始在伦敦进行科学活动,这些研究一直持续到 1827 年。之后的两年,他又在欧洲大陆从事对工厂的考察。1816 年,25 岁的巴贝奇被选为英国皇家学会会员,他参与了英国天文学会和统计学会的创建,并且是天文学会金质奖章获得者,同时还是巴黎伦理科学院、爱尔兰皇家学会和美国科学院的成员。1828 年至 1839 年,巴贝奇在剑桥大学担任“卢卡斯讲座”(Lucasian)的数学教授,这一职位只有具有极为高深学术造诣的学者才能担任,此前这项殊荣仅仅有两个人获得过——牛顿的老师巴罗和牛顿本人。

巴贝奇以他卓越的数学才能征服剑桥的同时,还从事过许多发明创造,如运用运筹学理论提出的“一便士邮资”制度,统一了邮资收费,简化了邮局工作;发明了供火车使用的速度计和排障器;提出保持灯塔灯光闪烁的方法,以便更好地为过往船只导航。管理史学家雷恩在《管理思想的演变》中说,巴贝奇的一生,一直致力于寻找“在儿童心灵中引起惊讶的所有小东西和事件的根源”。巴贝奇认为,儿童在获得一个新玩具后提出的第一个问题必定是:“妈妈,这里面是什么东西?”如果妈妈的答复不能令人满意的话,他必定要把玩具打开。或许正是因为执著于满足这样的好奇心,他才制造了世界上第一部实用机械计算机——差分机。

为巴贝奇带来巨大声誉的差分机制造于 1822 年,而制造它的真正起因是由于错误百出的《数学用表》。18 世纪末,法国集中大批数学家,组成人工手算的流水线,编制了长达 17 卷的《数学用表》,却因为人工计算难以消除的缺陷存在着大量的计算错误。据说巴贝奇面对错谬满篇的《数学用表》甚至喊出:“天哪,这些计算错误已经充斥弥漫了整个宇宙!”正因为如此,巴贝奇在政府的支持下耗费了十年光阴,制造出了能够按照设计者的控制自动完成一连串运算的差分机,用来代替人工去完成繁琐复杂的计算工作。后来的实践表明,这部机器对于编制航海和天文方面的数学用表非常适合。

差分机的成功,鼓励巴贝奇在制造计算装置方面走得更远。通过制造差分机,巴贝奇看到了制造一种在性能上大大超过差分机的计算机的可能性,这个机器就是后来他一直努力完成的分析机。分析机能够自动跟踪指令,是一部具有多种用途的计算机,而且在概念上已经具备了现代化计算机的全部要素:储存装置、计算装置、穿孔卡片输入系统、外存储器以及条件转运器。遗憾的是,这部闪耀着天才光芒的分析机始终没有被制造出来。由于制造工

作本身的浩大与繁琐,要完成它困难重重,而此时性格暴躁的巴贝奇又失去了政府的支持,分析机的制造陷入困境。就在制造分析机陷入困境的时候,巴贝奇遇到了向自己伸出援手的爱达·奥古斯塔·拉夫拉斯伯爵夫人。爱达是英国著名诗人拜伦的独生女,母亲享有“平行四边形公主”的美誉。爱达没有继承父亲的诗人气质,却继承了母亲的数学天分,她对数学和工程学都十分精通,是真正理解巴贝奇思想的为数不多者之一,她对巴贝奇思想的阐述甚至比他本人还要准确。同时,晚年的巴贝奇由于咽喉疾病不能说话,分析机的文字介绍部分几乎都是由她完成的。除了帮助制造分析机之外,爱达还同巴贝奇一起制造了赛马系统,来筹集制造分析机所需的资金。在这个系统设计失败后,她甚至不惜变卖自己的珠宝。遗憾的是,这位与巴贝奇志同道合的才女英年早逝,36岁时就怀着对分析机的美好梦想与世长辞。

失去了爱达支持的巴贝奇陷入更加艰难的处境,他一个人又默默坚持了20年,终于在1871年带着对分析机的遗憾离开人世。尽管巴贝奇的分析机始终没有制造出来,但是他的设计却处处闪耀着天才的光芒。为了加快运算速度,他设计了先进的进位机构,设计了穿孔卡片机来存储信息并且指导运行,并设计了一种条件转移指令,可以使机器代替人进行逻辑判断。当20世纪现代计算机被发明出来后,人们惊奇地发现,早在维多利亚时代,巴贝奇就已经考虑到了计算机应有的各个组成部分,并且对此做出了精心的设计。有人甚至不无幽默地说,巴贝奇的思想太超前了,他已经为计算机准备好了一切,就是缺一个电源。巴贝奇对于管理领域的影响,不在于他提出了什么理论,而在于他将数学方法引入到管理领域,试图用数学方法来解决管理问题。巴贝奇之前,没有人将数学方法和管理结合起来,这是他区别于其他先驱最伟大的贡献。

在1832年出版的《论机器和制造业的节约》一书中,巴贝奇提出了在科学分析的基础上有可能制定出企业管理的一般原则。他在书中说道:“我在过去十年中曾被吸引去访问英国和欧洲大陆的许多工场和工厂,以便熟悉其机械工艺。在这过程中,我不由自主地把我在其他研究中自然形成的各种普遍原则应用到这些工场和工厂中去。”而后来的科学管理之父泰罗在他的《科学管理原理》中也有过类似的话:“有些人的教育使他们养成了概括并在各处寻找规律的习惯。当这些人碰到了在每一行业中都存在并极为相似的许多问题以后,他们不可避免地试图把这些问题进行逻辑归类,并找出解决这些问题的某些规律或规则。”巴贝奇还探讨了“制造业的节约原则”,对作业的操作、有关的技术以及每一道工序的成本都进行了分析。之后,他还发明了一种“监督制造厂的方法”,为经营者提供了一种印有使用原料、正常消耗、开支、工具、价格、最终市场、工人、工资、所需技术以及工作周期等问题的表格,作为管理工具。

在人事管理方面,巴贝奇是工厂制度的拥护者,他认为工厂制度有利于工人生活状况的改善,同时他认为工人和工厂主的利益是一致的。他说:“工厂主的繁荣和成功对工人的福利是十分重要的……工人作为一个阶级,会因为他们雇主的富裕而得到好处,这是千真万确的,但是我并不认为每一个工人分享到的好处将同他为雇主的富裕做出的贡献完全成比例……如果支付报酬的方式能够安排得使每个被雇用的人都会从整个工厂的成功中得到好处,以及每一个人的收益会因工厂本身获得的利润而增加,而又不必对工资做出任何改变,那么这将是极为重要的。”这同泰罗的观点极为相似。巴贝奇所提出的报酬制度是最早的分享利润计划。巴贝奇还进一步发展了亚当·斯密关于劳动分工的思想,分析了分工可以提高工作效率的原因。除此之外,最值得一提的是巴贝奇将脑力劳动也进行了分工,他以法国

人普罗尼编制数学用表为例来说明这种分工。普罗尼在工作中把相应的人员分成熟练、半熟练和不熟练 3 类,按照这样的分类,把比较复杂的任务交给能力强的数学家去完成,而把比较单一的但又是必须做的杂务交给只会简单数学计算的人去做,从而保证了较强能力的数学家专注于复杂的计算工作。

纵观巴贝奇的一生,这位天才的发明者、科学管理的先驱,一生踌躇满志却最终并不得志,即使在数学领域,他也太超前了。他的那些具有远见的思想,直到许多年以后才被世人所重新瞩目。还好,这位先驱式的人物给我们留下了为数不少的著作,可以使后人一窥他的思想。巴贝奇的主要著作和论文有:《机器在数学表计算中的应用》(1822)、《论用符号表示机器动作的方法》(1826)、《各种人寿保险机构的比较观点》(1826)、《关于调节机器应用一般原则的论文》(1829)、《关于科学在英国的衰落及其某些原因的思考》(1830)、《论机器和制造业的节约》(1832)、《有关征税原则的思考,关于财产税及其减免》(1848)、《一个哲学家生涯的片段》(1864)等。

1.5.4 格蕾丝·莫瑞·霍普

杰出的计算机科学家格蕾丝是 Cobol 语言的主要设计者之一,被称为 Cobol 之母。她于 1906 年出生在纽约市。她祖父是美国海军少将(她本人后来也成了海军少将)。1934 年获得数学博士学位。1943 年,她像成千上万的美国妇女一样加入军队,被分配到隶属于哈佛大学的一个研究所,参与第一代计算机相关的研究项目。



她使用的 Mark-I 机在当时是个奇迹,能在一秒钟内进行 3 次加法运算,这在 20 世纪 40 年代堪称超高速运算。美国武器系统当时正依赖于快速计算。格蕾丝在 Mark-I 机上工作最困难的经历是为它撰写操作手册。

有一次,格蕾丝使用的 Mark-II 机出了故障。出错的继电器找到了,故障的原因也找到了:里面有一只死蛾子(见图 1.22)。蛾子被用镊子夹了出来,她把这只蛾子记入计算机日志,幽默地标注为“第一个发现 bug 的真实例子”。bug 这个词后来成为计算机领域里的一个习惯说法。

她决心证明她能够让计算机做她能够规定的任何工作。到 1954 年,一个人带来一些函数,他已经算了 6 个月,让格蕾丝算出前 15 个导数。18 min 后, she 就把导数交给了这个人。格蕾丝证明了:计算机不仅是数学仪器,当进行数值运算时,它控制运算符号,当进行数据处理时,它控制数据处理符号。

1957 年,她设计的 Flow-matic 系统完成了,被称作 B-0。这是第一个英语数据处理的编译程序,也是第一个运用词语的计算机语言。后来,Flow-matic 被吸收进 Cobol 这个广为使用的商业计算机语言,这是格蕾丝的一大贡献。

从 1959 年开始,格蕾丝和同事一起设计 Cobol 计算机语言,Cobol 使用的句法和术语更接近自然英语。Cobol 将程序和数据截然分开,因此,如果程序员要改变程序,他只需要

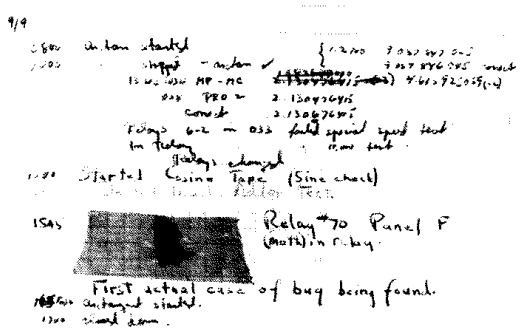


图 1.22 First computer bug, 1945 年

改变前面编写的程序部分,不必全改。这种语言有显著的文件处理能力,它支持顺序文件和直接存取文件,特别适用于管理存储在磁带或磁盘上的大量数据。

1.5.5 吴文俊

吴文俊,1919年5月生于上海,1940年毕业于上海交通大学数学系,1946年赴法国Strassbourg大学留学,获法国国家科学研究中心博士学位。现任中国科学院数学与系统科学研究院系统科学研究所研究员、名誉所长,中国数学会名誉理事长。中国数学机械化研究的创始人之一。20世纪50年代在示性类、示嵌类等研究方面取得吴文俊公式、吴文俊示性类等一系列突出成果,并有许多重要应用。20世纪70年代创立了定理机器证明的“吴方法”,影响巨大,有重要应用价值,它将引起数学研究方式的变革。2000年获首届国家最高科学技术奖。



大学三年级时,他对于现代数学尤其是实变函数论产生了浓厚的兴趣,在课下刻苦自学,反复阅读几种著作,在数学上打下了坚实的基础。有了集合论及实变函数论的深厚基础后,吴文俊进而钻研点集拓扑的经典著作(如F·豪斯多夫(Hausdorff),W·H·杨(Young)等人的名著)以及波兰著名期刊《数学基础》上的论文。他对该刊前几卷几乎每篇都读,对后面各卷重点选读,现在他还保存着当时看过的论文摘要。然后他又进而学习组合拓扑学经典著作。他高超的外文水平(特别是英文、德文)大大有助于他领会原著。毕业之后由于无法接触现代数学书刊,加上日常工作繁重,他只得中断向现代数学的进军,而抽空以初等几何自娱,实属迫不得已。实际上,他的现代数学基础主要还是靠大学三、四年级自学而成的。

1940年吴文俊从上海交通大学毕业,时值抗日战争,因家庭经济问题而经朋友介绍,到租界里的育英中学工作,教书同时还要兼任教务员,做许多繁琐的日常事务性工作。抗日战争胜利后,他到上海临时大学任教。1946年4月,陈省身从美国返回国内,在上海筹组中央研究院数学研究所。吴文俊经亲友介绍前去拜访,亲戚鼓励他说,陈省身先生是学者,只考虑学术,不考虑其他,不妨放胆直言。在一次谈话中,吴文俊直率提出希望去数学所,陈省身当时未置可否,但临别时却说:“你的事我放在心上。”不久陈省身即通知吴文俊到数学所工作。从1946年8月起,吴文俊在数学所(上海岳阳路)工作一年多。这一年陈省身着重于“训练新人”,一周讲12小时的课,授拓扑学。听讲的年轻人除吴文俊外,还有陈国才、张素诚、周毓麟等等。陈省身还经常到各房间同年轻人交谈,对他们产生了巨大的影响。

与陈省身的结识是吴文俊一生的转折点,他开始接触到当时方兴未艾的拓扑学,这使他大开眼界,他的研究方向也从过去偏狭的古老学科转向当代新兴学科的康庄大道。在陈省身的带动下,吴文俊很快地吸收了新理论,不久就进行独立研究。当时H·惠特尼(Whitney)提出的示性类有一个著名的对偶定理,惠特尼对这个定理给的证明极为复杂,难以弄清,并且从来没有正式发表过。吴文俊独创新意,给出一个简单的证明。这是示性类的一个重要成果,现在已成为经典。陈省身对此十分欣赏,把它推荐到普林斯顿大学出版的《数学年刊》上发表。在数学荒疏多年的情况下,一年多时间之内,就在以难懂著称的拓扑学的前沿取得如此巨大成就,不能不说是由于吴文俊的天才和功力。

1947年11月,吴文俊考取中法交换生赴法留学。当时正是布尔巴基(Bourbaki)学派

的鼎盛时期,也是法国拓扑学正在重新兴起的时代。吴文俊在这种优越的环境中迅速成长。他先到斯特拉斯堡大学,跟着 C·埃瑞斯曼(Ehresman)学习。埃瑞斯曼是 E·嘉当(Cartan)的学生,他的博士论文是关于格拉斯曼流形的同调群的计算,这个工作对后来吴文俊关于示性类的研究至关重要;同时,他还是纤维丛概念的创始人之一。他的一些思想对吴文俊后来的工作是有一定影响的。在法国期间,吴文俊继续进行纤维空间及示性类的研究,在埃瑞斯曼的指导下,他完成了《论球丛结构的示性类》的学位论文。这篇论文同 G·瑞布(Reeb)的论文一起,于 1952 年以单行本出版。吴文俊于 1949 年获得法国国家博士学位。此后他还发表了多篇关于概复结构及切触结构的论文。在斯特拉斯堡他结识了 R·托姆(Thom)等人。吴文俊的一些结果发表后,引起各方面的广泛注意,由于他的某些结果与以前结果表面不同而使 H·霍普夫(Hopf)亲自来斯特拉斯堡澄清他们的工作。霍普夫同吴文俊交谈后才搞清楚问题,非常赞赏吴文俊的工作,并邀请他去苏黎世讲学一周。在苏黎世他结识了当时在苏黎世访问的江泽涵。他的工作还受到了 J·H·C·怀特海(Whitehead)的注意。取得学位后,吴文俊到巴黎,在法国国家科学研究中心研究数学,在 H·嘉当(Cartan)的指导下工作。这时,嘉当举办著名的嘉当讨论班,这个讨论班对于拓扑学的发展有重要意义。当时,反映国际数学主要动向的布尔巴基讨论班也刚刚开始,参加的人数还不多,一般二三十人。吴文俊参加这两个讨论班,并在讨论班上作过报告。当时嘉当致力于研究著名的斯廷罗德(Steenrod)上同调运算。吴文俊从低维情形出发,已猜想到后来所谓的嘉当公式。嘉当在他的全集中,也将此归功于吴文俊。同时吴文俊发表的论文也预示了后来的道尔德(Dold)流形。

1951 年 8 月,吴文俊谢绝了法国师友的挽留,回到解放了的祖国。他先在北京大学数学系任教授。在江泽涵的建议之下,吴文俊获准于 1952 年 10 月到新成立的中国科学院数学研究所任研究员。当时数学所在清华大学校园内,他和张素诚、孙以丰共同建立拓扑组,形成中国的拓扑学研究工作的一个中心。从 1953 年到 1957 年短短 5 年间,吴文俊以忘我的劳动做了大量工作。在这段日子里,他主要从事 $J_1 \cdot C$ ·庞特里亚金示性类的研究工作,力图得出类似于施蒂费尔-惠特尼示性类的结果。但是庞特里亚金示性类要复杂得多,许多问题至今未能解决,他在 5 篇论庞特里亚金示性类的论文中的许多结果长期以来是最佳的。1956 年他作为中国代表团的一员赴苏联参加全苏第三次数学家大会,作关于庞特里亚金示性类的报告,得到好评。庞特里亚金还邀请他到家中做客并进行讨论。

其后,吴文俊的工作重点从示性类的研究转向示嵌类的研究,他用统一的方法,系统地改进以往用不同的方法所得到的零散的结果。由于他在拓扑学示性类及示嵌类方面的出色工作,他与华罗庚、钱学森一起荣获 1956 年国家第一届自然科学奖的最高奖——一等奖,并于 1957 年增选为中国科学院首届学部委员。1957 年他应邀去波兰、民主德国并再次去法国访问,在巴黎大学系统介绍示嵌类理论达两个月之久。

从 1958 年起,由于国内政治形势的影响,稳稳当当的理论研究工作难以继续进行,拓扑学研究工作也被迫中断。在“理论联系实际”的口号下,数学所的研究工作进行大幅度调整。吴文俊同一些年轻人开始对新领域——对策论进行探索。在短短的一两年中他不仅引进了这门新学科,而且以其深厚的功力,做出值得称道的成果。

从 1962 年起,吴文俊重新开始拓扑学的研究工作,特别着重于奇点理论,其后又结合教学对代数几何学进行研究,定义了具有奇点的代数簇的陈省身示性类,这大大领先于西方国家。他在 1966~1967 年注意到他的示嵌类的研究可用于印刷电路的布线问题,并于 1973

年完全解决。他的方法完全是可以算法化的,而这种“可计算性”是与以前在布尔巴基影响下的纯理论的方向完全不同的。大约从这时开始,他完成自己数学思想上一次根本性的改变。大约同时,他还参加仿生学的研究。1971年他到北京无线电一厂参加劳动。1972年科研工作开始部分恢复,同时中美数学家开始交流,特别是陈省身等华裔数学家回国,带来国际上的许多新情况。1973年数学所拓扑组开始讨论由D·沙利文(Sullivan)等人开创的有理同伦论,据此吴文俊提出他的 I^* 函子理论,其显著特点之一也是“可计算性”。1974年,吴文俊的兴趣转向中国数学史,用算法及可计算性的观点来分析中国古代数学,发现中国古代数学传统与由古希腊延续下来的近现代西方数学传统的重要区别,对中国古算作了正本清源的分析,在许多方面产生独到的见解。这两方面是他在1975年到法国高等科学研究院访问时主要的报告题目。

1976年粉碎“四人帮”之后,科学研究开始走上正轨。年近花甲的吴文俊更加焕发出青春活力。他在中国古算研究的基础上,分析了西方R·笛卡儿(Descartes)的思想,深入探讨D·希尔伯特(Hilbert)《几何基础》一书中隐藏的构造性思想,开拓机械化数学的崭新领域。1977年他在平面几何定理的机械化证明方面首先取得成功,1978年推广到对微分几何的定理机械化证明,这样走出完全是中国人自己开拓的新数学道路,并产生巨大的国际影响。到20世纪80年代,他不仅建立了数学机械化证明的基础,而且扩张成广泛的数学机械化纲领,解决了一系列理论及实际问题。

吴文俊建立的机器证明理论从1977年起迅速在国内外传播开来,产生巨大的影响。在国内先是成立以吴文俊为中心的数学机械化研究小组,培养出一批优秀青年科技人员,推动吴方法在理论及应用上的发展。在此基础上,1990年8月正式成立数学机械化中心,学术活动更为活跃,并成为国际交流的中心。1991年数学机械化成为国家基础科研的重点计划——攀登计划首批30项之一,获得国家的重点支持。随着国际交流活动的频繁,吴文俊的工作很快受到国际上的重视。从1979年起,吴文俊几乎每年都出国访问、讲学及参加会议。1979年他任普林斯顿大学高等研究院研究员,同年参加陈省身退休庆祝会,在会上首次向国际数学界介绍吴方法,1982年更在国际机器证明会议上详细报告吴方法,受到国际上的瞩目。他的论文作为经典著作被收入《机器证明25年》文集。由此美国、英国基金会还专项资助吴方法的研究,吴文俊先后被邀请到美国、英国、法国、德国、意大利、加拿大、奥地利、苏联等国讲学,1990年又参加亚洲数学家会议,1993年访问中国台湾及南朝鲜,他的理论受到普遍的重视。

1986年国际数学家大会邀请吴文俊作中国数学史的报告,引起与会者很高的兴趣。由于他对数学的贡献,1990年他荣获第三世界科学院数学奖,1991年他被选为第三世界科学院院士。在1992年5月召开的中国科学院第六次学部会议上被选为中国科学院学部主席团委员、执行委员以及数理学部主任。

他还荣获陈嘉庚基金会授予他的1993年度“陈嘉庚数理科学奖”。香港求是科技基金会于1994年授予他“杰出科学奖”。

数十年间,吴文俊不仅建立了“吴公式”、“吴示性类”、“吴示嵌类”、“吴方法”、“吴中心”,更形成了“吴学派”。近代数学史上第一次由中国人开创的这一新领域,吸引了各国的众多数学家前来学习。因为“手工计算上千项的证明要几天工夫,用计算机1s就可以完成”。

诺贝尔奖没有设数学奖,人们通常把“菲尔兹奖”誉为数学中的诺贝尔奖。吴文俊的工作被5位菲尔兹奖获得者引用,有3位的获奖工作还使用了吴文俊的方法。一直到最近两

年,仍有菲尔兹奖得主在引用吴文俊的经典结果。

1.5.6 王选

王选,1937年2月出生于江苏无锡,1958年北京大学数学力学系计算数学专业毕业。北京大学教授,中国科学院院士,中国工程院院士,2001年国家最高科学技术奖获得者。



1954年至1958年北京大学数学力学系计算数学专业学习。1958年至1959年北京大学数学力学系教师。1959年至1978年北京大学无线电系教师。1978年至1995年北京大学计算机研究所所长、副教授、教授。1995年至1996年九三学社中央副主席,北京大学计算机研究所所长,方正控股有限公司董事局主席。1996年至1998年九三学社中央副主席,中国科协副主席,北京大学计算机研究所所长,方正控股有限公司董事局主席。1998年任九届全国人大教科文卫委员会副主任委员,九三学社中央副主席,中国科协副主席,北京大学计算机研究所所长。2003年3月在全国政协十届一次会议上当选为第十届全国政协副主席。

他是汉字激光照排系统的创始人和技术负责人。他所领导的科研集体研制出的汉字激光照排系统为新闻、出版全过程的计算机化奠定了基础,被誉为“汉字印刷术的第二次发明”。1992年,王选又研制成功世界首套中文彩色照排系统。先后获日内瓦国际发明展览金牌,中国专利发明金奖,联合国教科文组织科学奖,国家重大技术装备研制特等奖等众多奖项,1987年和1995年两次获得国家科技进步一等奖;1985年和1995年两度列入国家十大科技成就,是国内唯一四度获国家级奖励的项目。他本人被授予国家级有突出贡献的专家称号,并多次获全国及北京市劳模、先进工作者、首都楷模等称号,1987年获得中国印刷业最高荣誉奖——毕昇奖及森泽信夫奖,1995年获何梁何利基金奖,2001年获国家最高科学技术奖。2006年2月13日11时许在北京病逝。2月19日,遗体在北京八宝山革命公墓火化。

然而,要真正认识王选,还得首先忘掉他的成就和荣誉,还得从他人生中第一次乃至以后的一次次选择说起。

“我一生中第一次大的抉择,发生在大学二年级下学期。因为我选择了计算数学专业。”王选说。

这是决定一个19岁的青年将来干什么的重大抉择。当时,班上最热门的选择是纯数学,力学次之。计算数学是一个分支学科,北大刚建立这门专业,连教材都还缺乏,可称冷清而荒凉。然而就在此时,王选看到了我国1956年1月刚刚制定的十二年科学发展远景规划,看到规划中把原子能、自动控制、计算技术列为重点发展学科。他毅然选择了计算数学专业。

1961年,王选作出了他成年后的第二次抉择:“从硬件转向软件,但不放弃硬件,而是从事软硬件相结合的研究。”这其实是选择了“跨领域”研究。24岁的王选很快看到了这次抉择所带来的好处。“我已经搞了3年的计算机,本来,我以为自己是懂计算机的,现在忽然发现,只有了解软件,才真正懂得计算机,有种‘茅塞顿开’之感。”

没想到就在这年夏天,饥饿加上连续的劳累,终于把他击倒。他的病辗转几家医院,持续数年,久治不愈,生命一天天虚弱。然而在病中,他却以惊人的毅力、卓越的总体设计,与

北大许卓群、陈堃铍、朱万森等人一起,进军计算机高级语言编辑系统的研究,为我国推广计算机高级语言做出了宝贵的贡献。这一贡献被载入了中国计算机发展史。

1975年,他38岁了,仍“病休在家”。人生还能做些什么?就在这年,王选作出了他一生中第三次重大抉择。

1974年8月,经周总理批准,我国开始了一项被命名为“748工程”的科研,分3个子项目:汉字通信、汉字情报检索和汉字精密照排。

当王选听说“748工程”,已是1975年,他最感兴趣的“汉字精密照排”,当时国内已有5家在研制,都实力雄厚。“病休”中的王选又能做什么?

他看到,世界上第一台照排机是“手动式”的,1946年在美国问世。20世纪50年代,美国发展了“光学机械式”二代机。1965年德国推出“阴极射线管”三代机。1975年英国正在研制的“激光照排”四代机即将问世。

再看我国,正在研制照排系统的5家,分别选择了二代机和三代机。王选则认定:不能搞二代机,也不可搞三代机,要直接研制西方还没有产品的第四代激光照排系统。

由于我国基础工业落后,搞二代机、三代机都有一系列很难过关的尖锐问题。王选其实是以别无选择的方式向自己的大脑要出路:他开创性地以“轮廓加参数”的描述方法和一系列新算法,研究出一整套高倍率汉字信息压缩、还原、变倍技术,从而使研制“激光精密照排”成为可能。

国门刚刚打开,西方人来了。1979最早到来的就是世界上最先发明了第四代激光照排机的英国蒙纳公司。不久,日本人、美国人搞的汉字照排系统也接踵而至。

早先,王选一心只想,努力研制出好设备,就能为祖国、为社会所用……现在看到,国门一开,世界突然顶到你的鼻子前面来了。如果你的技术不能尽快变成产品,就会变成废物。

就在这时,王选作出了他一生中第四次重大抉择:决战市场。

1979年8月11日,《光明日报》头版头条以通栏大标题赫然登出:汉字信息处理技术的研究和应用获重大突破。报道了北京大学激光汉字编辑排版系统主体工程研制成功的喜讯。就在此时,王选心里比谁都清醒:“我们决定见好就收,不再致力于这种样机的试制和生产,而只是对付鉴定会。”这不啻是惊世骇俗的决定。他决定现在就放弃Ⅰ型机。“从1979年9月起,我把主要精力放在Ⅱ型机上。”这是他迈向市场的一大步。

英国蒙纳公司延在京、沪两地召开了展示会。我国政府有关部门把是否引进“蒙纳系统”的问题摆上议事日程,有关会议一个接一个召开。时任国家进出口管理委员会副主任的江泽民,于1980年2月22日,以个人名义给国务院几位副总理写了一封亲笔信,信中写道:北大等单位对“中文激光照排设备”的研制,已有显著成效,技术接近成熟,解决了汉字缩小和放大不变形的问题,有几项技术指标已达到国际先进水平,予积极扶持,以便继续试验使其完善化,将来在国内推广。在具备一定条件以后,还可将产品打入国际市场。

此时,另一项艰巨而重大的任务就是设计和调试软件。这项工作一直是由陈堃铍负责。当时没有软盘、没有显示器,总量达14万行的程序全用汇编语言写出,其艰难是今天从事软件开发青年们难以想象的。终于在1980年9月15日上午排出了《伍豪之剑》,这是中国在告别铅字的历程中排出的第一本书,这是检验照排系统功能的一个重要标志。1980年10月25日,邓小平对北大激光照排系统作了“应加支持”的批示。

1984年,中国以更坚决的步伐把改革开放又推进了一大步。松下电器,奔驰汽车,IBM电脑等大量舶来品潮水般涌来中国。美、英、日等国研制的汉字照排系统,也以比从前更进

步的技术,形成“联军”似战斗力,向中国的报社、出版社、印刷厂发起进攻。

华光,华光,在最艰难的日子里,他们为自己的产品命名华光,意为中华之光。

1985年,随着春节的爆竹燃响,华光系统经千淘万漉,终于在新华社正常运行。5月,通过国家级技术鉴定。

1987年,《经济日报》成为我国第一家勇试华光Ⅲ型机的报纸,完成该系统的总承厂是山东潍坊计算机公司。《经济日报》一举成为全国最漂亮、出版速度最快的报纸,也是世界上第一家采用计算机激光屏幕组版、整版输出的中文报纸。第二年7月,经济日报社印刷厂卖掉了全部铅字,成为世界上第一家彻底废除了中文铅字的印刷厂。不但厂房面积减少三分之二,耗电量也减少三分之二强,成本下降四分之一以上。

熔化铅字的曙光亮起来了,一场必将引发的我国印刷术第二次革命,很快在中国大地成燎原之势。1987年我国首次设立印刷业个人最高荣誉奖——毕昇奖,这一崇高奖项差不多就像是为王选而设的,王选获得了这一最高荣誉奖。此时,可以松一口气了吗?没有。向Ⅳ型机出击的日夜早于1987年初就出发了。

人民日报社引进的两套美国HTS照排系统,到1989年,经该公司长期调试,仍故障频频,效率太低,无法使用,最终成为“死机”。美国HTS系统的价格是当时华光系统的15倍,如此昂贵的设备竟是这样一个结果,谁也没有料到。王选伸出了援助之手,带领若干技术骨干到人民日报社,用北大技术对美国HTS系统进行改造,将“死机”救活。

1989年,华光Ⅳ型机开始在国内新闻、出版、印刷业波澜壮阔地前进。这年底,所有来华的研制汉字激光照排的外国公司,全部退出中国大陆市场。

北大与潍坊计算机公司的合作,是一种技术转让的关系。在一台照排系统售价近百万元的时候,后者付给前者的技术转让费是每售一台给一万元,这已经是很低的价格了,后来竟连这点钱也迟迟不支付,以至发展到北大方面不得不诉诸法律,通过法庭来解决。

王选不得不面对着他人生中的第五次重大选择。

他的第五次选择水到渠成:研究所与方正集团胜利会师,为先进技术找到一条远航的巨船。

1994年是748工程20周年,4月22日,《西藏日报》由方正系统印出,至此,全国所有省级报纸均“告别铅与火”,方正系统拥有了全国内地99%的市场。

我国内地的报业、印刷厂,没有经历过第二代、第三代照排机的历程,从当今最落后的铅排,一下子跳到具世界先进水平的激光照排,真的实现了“一步登天”。

不仅如此,也没有广泛采用传真机远传报纸版面而直接使用照排系统远程传版;没有广泛采用电分机出彩报而直接过渡到先进的图文合一编排彩报……所有这些,都因为王选当初选择了“技术上的跨越”,从而使整个民族的新闻出版业、印刷业全面实现了划时代的跨越。

随后,港、澳、台都用上了方正排版系统,在此同时,方正系统又挺进到了马来西亚的《亚洲日报》、《光华日报》以及美国《星岛日报》等华文出版业,方正系统正以无比锐利的先进技术将挺进到全球一切华文世界……

1995年6月,王选建议研究所全员汇入公司,这就是王选人生中的第五次抉择。至此,研究所与公司两支队伍胜利会师,成为一家。这是北大方正发展中的重大事件。

王选有一个经典的说法:“方正集团能迅速发展,得益于一批有科学头脑的企业家和有市场眼光的科学家的紧密结合。”王选还有一个说法,叫“顶天立地模式和一条龙体制”。王选领导的北大计算机科学技术研究所是国家重点实验室,硕士点和博士点,博士后流动站,

以及国家工程研究中心,堪称“四星级”单位,这“四星”均属“顶天”范畴,加上“集团公司”才真正做到“顶天立地”。前述的“四星”汇入方正集团,北大方正就成了所谓“五星级企业”,建成这种从尖端科研到售后服务都浑然一体的一条龙体制,就有了飞腾之势。他们随后推出的一个排版软件就叫“飞腾”。

习 题

1. 判断题

- (1) 第一个可编程机器是巴贝奇设计的机械计算机。
- (2) 由于爱达对巴贝奇的分析机所做的工作,因而一般认为她是公认的世界第一位程序员。
- (3) 电磁式继电器是可用于控制电线中电流的机械开关。
- (4) 因为电子管没有运转部件,所以它们能使电信号的转换速度远远超过在继电器中的速度。
- (5) 因为晶体管比电子管小且产生的热量更少,所以它们可用于设计更小更快速的计算机。
- (6) 微处理器是用于控制科学机器的特殊用途计算机。
- (7) 摩尔定律说明可被嵌于一块计算机芯片上的晶体管数目每 12 个月至 18 个月将增加 1 倍。
- (8) 第一台个人计算机是 IBM PC,它在 1980 年首次面世。

2. 简答题

- (1) 简要说明电子计算机的发展简史。
- (2) 对比说明图灵和冯·诺依曼在计算机发展史上的重要贡献。
- (3) 通过学习计算机发展简史,有什么体会?

第2章 计算机基础知识

半个世纪以来,计算机已发展成为由巨型机、大型机、中型机、小型机、微型机组成的一个庞大的计算机家族。其每个成员,尽管在规模、性能、结构、应用等方面存在着很大差别,但是它们的基本组成结构是相同的。计算机系统包括硬件系统和软件系统两大部分。计算机的硬件系统一直是沿袭着冯·诺依曼的结构框架,即由运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备五大功能部分组成。这是由于它们处理信息的基本功能和处理信息基本方式相同的缘故。所谓处理信息的基本功能是指把各个应用领域中大量的数字、符号、语言、文字、图形、图像等信息进行计算、检测、识别、控制、存储、加工和利用。所谓处理信息的基本方式是指把各种信息用相应的数码组合起来变成计算机能接受的数字信号,然后按照一定的法则,即建立对某个信息源进行处理的算法——数学模型或逻辑规则,把它们变换成相应的数字运算操作。

本章讲述计算机基础知识,主要包括计算机的系统组成原理和工作原理,计算机的硬件构成和软件系统组成,计算机运算及编码,以及多媒体计算机等,对计算机有一个总体上的认识。

2.1 计算机系统组成及工作原理

2.1.1 计算机系统组成

计算机是一个完整系统,“系统”是指由若干相互独立而又相互联系的部分所组成的整体,从这个角度说,计算机系统由硬件系统和软件系统两大部分组成。计算机的硬件系统和软件系统互相依赖、不可分割。在没有装入软件之前,计算机称作“裸机”。硬件系统是计算机应用的基础,它包括了各种设备;而软件系统就是我们平常所说的程序,是一组有序的计算机指令,这些指令用来指挥计算机硬件系统进行工作。硬件系统往往是固定不变的,而计算机千变万化的功能则是通过软件实现。

现在,计算机已发展成由巨型机、大型机、中型机、小型机和微型机组成的一个庞大的计算机家族,其中每个成员尽管在规模、性能、结构和应用等方面存在着很大差别,但是它们的基本组成结构是相同的。计算机的硬件系统由中央处理器(由运算器和控制器等组成)、内存储器、外存储器和输入/输出设备组成。而计算机的软件系统分为两大类,即计算机系统

软件和应用软件。计算机系统的组成结构如图 2.1 所示。

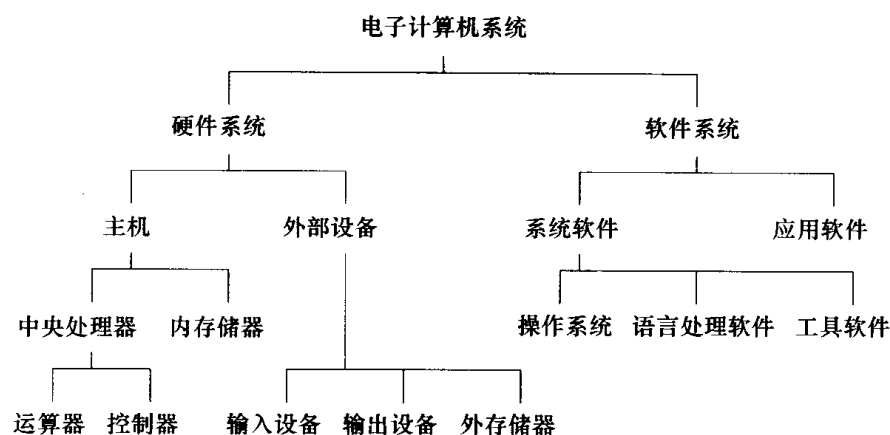


图 2.1 计算机系统的组成

计算机硬件系统通常由运算器、控制器、存储器、输入设备与输出设备五大基本部件组成。

(1) 运算器

是计算机中进行算术运算和逻辑运算的部件，通常由算术逻辑运算部件(ALU)、累加器及通用寄存器组成。

(2) 控制器

用来控制和协调计算机各部件自动、连续地执行各条指令，通常由指令部件、时序部件及操作控制部件组成。

运算器和控制器是计算机中的核心部件，这两部分合称中央处理器(CPU)。若将计算机的 CPU 集成在一块芯片上作为一个独立的器件，则称为微处理器 MP(Microprocessor)。

(3) 存储器

主要功能是用来保存各类程序和数据信息。存储器分为主存储器和辅助存储器。主存储器(简称主存)又称为内存储器(简称内存)，主要采用半导体集成电路制成，又可分为随机存储器(RAM, Random Access Memory)和只读存储器(ROM, Read Only Memory)。

辅助存储器又称为外存储器(简称外存)，大多采用磁性和光学材料制成，如磁盘、磁带和光盘、U 盘等。

CPU 和主存储器(有时也可包括软盘驱动器和硬盘)组成了计算机的主要部分。

(4) 输入设备

用于从外界将数据、命令输入到计算机的内存，供计算机处理。常用的输入设备有键盘、鼠标、卡片阅读机、磁带输入机、光笔、CD-ROM 驱动器、视频摄像机等。

(5) 输出设备

用来将计算机处理后的结果信息转换成外界能够识别和使用的数字、文字、图形、声音、电压等信息形式。常用的输出设备有显示器、打印机、绘图仪、音响设备等。

2.1.2 计算机的工作原理

计算机的基本工作原理是存储程序和进行程序控制。其具体过程为：预先把指挥计算

机如何进行操作的指令序列(称为程序)和原始数据输入到计算机内存中,每一条指令明确规定了计算机从哪个地址取数,进行什么操作,然后送到什么地方去等步骤。计算机在运行时,先从内存中取出第一条指令,通过控制器的译码器接受指令的要求,再从存储器中取出数据进行指定的运算和逻辑操作等,然后再按地址把结果送到内存中去。接下来,取出第二条指令,在控制器的指挥下完成规定操作,依此进行下去,直到遇到停止指令。其工作原理如图 2.2 所示。

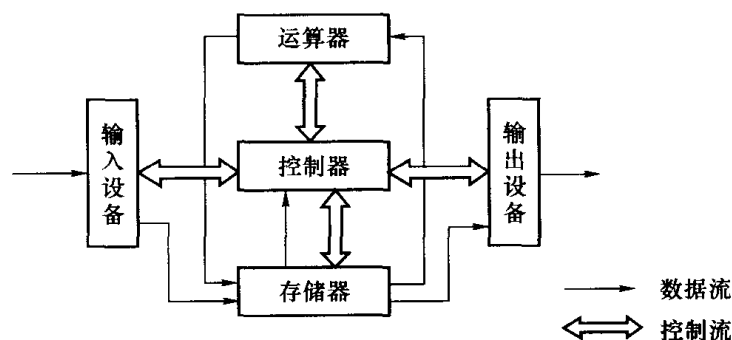


图 2.2 计算机的工作原理图

程序与数据一样存储。按照程序编排的顺序,一步一步地取出命令,自动地完成指令规定的操作是计算机最基本的工作原理。这一原理最初是由美籍匈牙利数学家冯·诺依曼(Von Neumann)于 1945 年提出来的,故也称为冯·诺依曼原理。根据这一工作原理构成的计算机就称为冯·诺依曼结构计算机。英国剑桥大学的威尔克斯(M. V. Wilkes)教授领导设计了“埃德沙克”计算机(EDSAC, the Electronic Delay Storage Automatic Calculator),于 1949 年 5 月制成并投入运行,它是世界上首台按冯·诺依曼“程序存储”思想设计制造的计算机。虽然现在的计算机系统从性能指标、运算速度、工作方式、应用领域和价格等方面与当时的计算机有很大差别,但基本结构没有变。

可以看出,冯·诺依曼结构的计算机必须具有如下部件:

- (1) 把要执行的程序和所需的数据送至计算机中存储起来的存储器。
- (2) 需要具有输入程序和数据功能的输入设备。
- (3) 能够完成程序中指定的各种算术、逻辑运算和数据传送等数据加工处理的运算器。
- (4) 能够根据运算的结果和程序的需要控制程序的走向,并能根据指令的规定控制机器各部分协调操作的控制器。
- (5) 能按人们的需求将处理的结果输出给操作人员使用的输出设备。

冯·诺依曼结构计算机的工作原理最重要之处是“程序存储”,即如果要想让计算机工作,就是要先把编制好的程序输入计算机的存储器中存储起来,然后依次取出指令执行。每一条指令的执行过程又可以划分成如下 4 个基本操作:

- (1) 取出指令:从存储器某个地址中取出要执行的指令。
- (2) 分析指令:把取出的指令送到指令译码器中,译出指令对应的操作。
- (3) 执行指令:向各个部件发出控制操作,完成指令要求。
- (4) 为下一条指令做好准备。

从图 2.2 可以看出,计算机中基本上有两股信息在流动。一种是数据,即各种原始数据、中间结果和程序等。原始数据和程序要由输入设备输入并经运算器存于存储器中,最后

结果由运算器通过输出设备输出。在运行过程中,数据从存储器读入运算器进行运算,中间结果也要存入存储器中。人们用机器自身所具有的指令编排的指令序列,即程序,也是以数据的形式由存储器送入控制器,再由控制器向机器的各个部分发出相应的控制信号。另一种信息是控制信息,在图 2.2 中用空心箭头表示,它控制机器的各部件执行指令规定的各种操作。

2.1.3 微型计算机主要性能指标

微型计算机性能指标标志着微型计算机的性能优劣及应用范围的广度,在实际使用中,比较常见的微型计算机评价指标有下列几种。

1. 字长

字长是计算机运算部件一次能处理的二进制数据的位数。字长越长,计算机的处理能力就越强。微型计算机的字长取 8 的整数倍数,早期的微型计算机字长为 16 位(如 Intel 的 8086、80286 等),从 80386、80486,一直到 Pentium II, Pentium III 和 Pentium IV 芯片字长都为 32 位。

字长这个指标有点像算盘的档数,算盘的档数越多,则算盘计算精度就越高,计算方法也越丰富。对于数据,字长越长,则运算精度越高;对于指令,字长越长,则功能越强、可寻址的存储空间也越大。所以,字长是评价计算机性能的一个非常重要的技术指标。

2. 速度

不同配置的微型计算机按相同的算法执行相同的任务所需要的时间可能是不同的,这和微型计算机的速度有关。微型计算机的速度指标可以用主频及运算速度来加以评价。

主频也称时钟频率,也是决定微型计算机速度的重要指标之一。主频一般以兆赫兹(MHz)为单位,主频越高,微型计算机速度越快。目前中档微型计算机的主频在 500 MHz 左右,高档的可达 1 000 MHz,甚至更高。

运算速度以每秒百万指令数(MIPs)为单位,这个指标较主频更能直观地反映微型计算机的速度。

速度是一个综合指标,影响微型计算机速度的因素还有许多,如存储器的存储时间、系统总线的时钟频率等。

3. 存储系统容量

微型计算机的处理能力不仅与字长、速度有关,而且很大程度上还取决于存储系统的容量。存储系统主要包括内存(也称主存)和外存(也称辅存,主要指软盘、U 盘和硬盘)。存储容量以字节(B)为单位,1 个字节由 8 位二进制数组成。因为存储容量一般都很大,所以适用单位用千字节(kB)或兆字节(MB),甚至吉字节(GB)来表示,注意,千、兆、吉用在存储系统容量上与它们的本意稍有差别,具体换算关系如下:

$$1 \text{ kB} = 2^{10} \text{ B} = 1\,024 \text{ B}$$

$$1 \text{ MB} = 1\,024 \text{ kB} = 2^{20} \text{ B} = 1\,048\,576 \text{ B}$$

$$1 \text{ GB} = 1\,024 \text{ MB} = 2^{30} \text{ B} = 1\,073\,741\,824 \text{ B}$$

常见的微型计算机配置的主存容量有 128 MB、256 MB、512 MB 或更大;软盘容量有 1.2 MB、1.44 MB 等;硬盘容量有 10 GB、20 GB、40 GB、60 GB 或更大。

4. 可靠性

计算机的可靠性以平均无故障时间(MTBF)表示,其定义为

$$MTBF = \sum_{i=1}^N \frac{t_i}{N}$$

式中, t_i 为第 i 次无故障时间, N 为故障总次数。显而易见,MTBF 越大,系统性能越好。

5. 可维护性

计算机的可维护性以平均修复时间(MTTR)表示,其定义为

$$MTTR = \sum_{i=1}^M \frac{t_i}{M}$$

式中, t_i 为第 i 次故障从发生到修复的时间, M 为修复总次数。显而易见,MTTR 指示越小越好。

6. 性能价格比

性能价格比也是一种用来衡量计算机产品优劣的概括性指标。性能代表系统的使用价值,它包括:计算机的运算速度、内存储器容量和存取周期、通道信息流量速率、输入输出设备的配置、计算机的可靠性等。价格则是指计算机的售价。性能价格比中的性能指数由专用的公式计算,性能价格比越大,表明该计算机系统越好。

评价微型计算机性能的指标还有兼容性、汉字处理能力和网络功能等。

2.2 计算机硬件基本组成

计算机硬件系统是指计算机系统及设备实体,主要由运算器、控制器、存储器、输入设备、输出设备五大部件以及总线、接口等组成,其外形图如图 2.3 所示。

2.2.1 中央处理器

1. 中央处理器的组成

中央处理器(CPU,Central Processing Unit)是运算器和控制器的统称,负责读取并执行指令,是指令的解释和执行部件,是计算机的核心。它主要由运算器、控制器和寄存器组成,其外形图如图 2.3 所示。

(1) 运算器

运算器是执行算术运算和逻辑运算的部件,它的任务是对信息进行加工处理。运算器由算术逻辑单元(ALU,Arithmetic Logic Unit)、累加器、状态寄存器和通用寄存器组等组成。算术逻辑单元是用于完成加、减、乘、除等算术运算,与、或、非等逻辑运算及移位、求补等操作的部件。累加器用于暂存操作数和运算结果。状态寄存器也称标志寄存器,用于存放算术逻辑单元在工作中产生的状态信息。通用寄存器组是一组寄存器,运算时用于暂存操作数或数据地址。

算术逻辑单元、累加器和通用寄存器的位数决定了 CPU 的字长,例如在 32 位字长的 CPU 中,算术逻辑运算单元、累加器和通用寄存器都是 32 位的。

(2) 控制器

控制器的作用是使计算机能够自动地执行程序。它的主要功能是根据程序中每条指令

的操作发出相应的控制和定时信号,控制和协调计算机的各个部件工作,以完成指令所规定的操作。为实现上述功能,控制器一般应包括以下几个部件:

- ① 指令寄存器——用于存放当前要执行的指令。
- ② 译码器——对指令进行分析,确定指令类型、指令所要完成的操作,并确定指令操作对象——操作数的地址和操作结果的存放地址。
- ③ 时序节拍发生器——产生一定的时序脉冲和节拍电位去控制计算机按节拍有节奏、有时序地工作,来完成指令所要完成的操作。
- ④ 指令计数器——存放下一条指令的地址。

(3) 寄存器

寄存器是 CPU 内部少量的存储单元,存取速度快,主要进行 CPU 内部数据的缓冲或者记录当前的系统状态和信息。

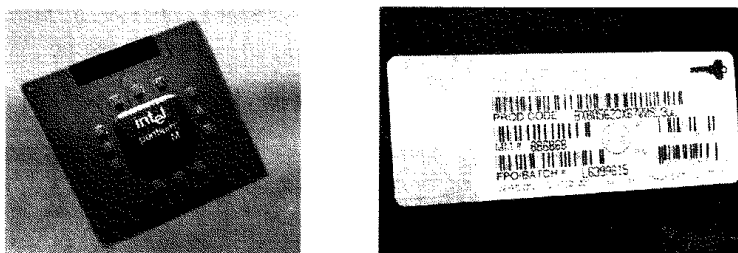


图 2.3 CPU 外形图

2. CPU 的性能指标

时钟周期和主频是衡量计算机性能的重要指标。计算机的中央处理器对每条指令的执行是通过若干个微操作来完成的。这些微操作是按时钟周期的节拍来动作的。时钟周期反映出计算机的运算速度。时钟周期越短,主频越高,计算机的运算速度越快。

计算机的运算速度是衡量计算机性能的一项主要指标,它取决于指令执行时间。运算速度的计算方法多种多样,目前常用单位时间内执行多少条指令来表示。MIPs(每秒钟执行百万条指令数)能较全面准确地反映计算机的运算速度。计算机执行各种指令所需时间不同,因此常根据一些典型指令执行时间来估算计算机的等效速度。

2.2.2 存储器

存储器(Memory)的主要功能是存放程序和数据。程序是计算机操作的依据,数据是计算机操作的对象。为了实现自动计算,各种信息必须预先存放在存储器中。

存储器采取按地址存取(写和读)的工作方式。一个内存体内包含许多存储单元。每个存储单元可以存放一个适当单位的信息。全部存储单元按一定顺序编号,这些编号就称为存储器的地址。

存储器的容量反映计算机记忆信息的能力。存储器的容量越大,则存储的信息越多,计算机的处理能力越强。它常以字节为单位表示。一个字节(Byte)为 8 个二进制位(bit)。一般将 2 的 10 次方(1024)字节称为 1 k 字节,记为 1 kB。2 的 20 次方个字节记为 1 MB(百万字节),读作 1 兆字节。2 的 30 次方个字节,约为 10 的 9 次方(约十亿个)字节,记为 1 GB,读作 1 吉字节。

1. 三级存储体系

由于计算机系统要求存储系统同时满足容量大、存取速度快、价格低 3 个要求,而这些要素往往是互相矛盾的,很难同时满足,所以一般采用三级存储体系来解决这个问题。第一级是高速缓存(Cache),第二级是主存储器,第三级是外存储器,如图 2.4 所示。

2. 主存储器

主存储器一般用来存入需要执行的程序和需要处理的数据,它存储的指令和数据能够被 CPU 直接读出或写入。主存储器由半导体存储器构成,可分为只读存储器(ROM, Read Only Memory)和随机读写存储器(RAM, Random Access Memory)。

随机读写存储器是既能读出又能写入信息的存储器,故又称为读写存储器,它能读写主存储的任意单元。ROM 中的内容不允许随意改变,只能读出其中的内容,这种存储器称为只读存储器。在 PC 中,ROM 一般存放计算机系统数据以及计算机启动时的初始程序和数据,而 RAM 在断电后信息会丢失,一般用作内存,存放正在运行的程序和数据,图 2.5 所示为内存条。

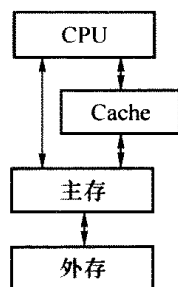


图 2.4 三级存储体系

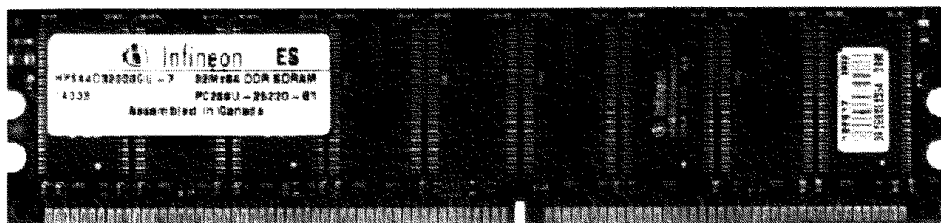


图 2.5 内存条

当要对存储器进行读写操作时,来自地址总线的存储器地址经地址译码器译码后,选中指定的存储单元,而读写控制电路根据读写命令实施对于存储器的存取操作,数据总线则用于传送写入内存或从内存取出的信息。

3. 高速缓存

在计算机的发展过程中,内存速度的提高赶不上逻辑电路速度的提高,CPU 执行指令的速度远远高于内存的读写速度。由于 CPU 每执行一条指令都要访问内存一次乃至几次,所以内存制约了 CPU 执行指令的效率。为了解决这个矛盾,在计算机中引入了高速缓存(Cache)技术。

由于程序的执行具有局部性,即程序的执行在一段时间内总是集中于程序代码的一个小范围内。如果一次性地将这段代码从内存调入高速缓存,缓存便可以满足 CPU 执行若干条指令的要求。如果 CPU 执行的指令在高速缓存当中,那么 CPU 对内存的访问就相当于对高速缓存的访问。当缓存的命中率相当高(如 90%以上)时,整个内存可以看作用具有缓存的速度进行工作,从而也就加快了整个程序的执行速度。

在 PC 机中,一般都带有高速缓存(例如带有 256/512 kB 缓存)。高速缓存介于内存和 CPU 之间,位置可以在 CPU 模块内部,也可以在 CPU 模块外部。它的存取速度比内存快,但价格昂贵,所以容量不可能太大,主要是用来存放当前内存中使用最多的程序块和数据块,并以接近 CPU 的速度向 CPU 提供程序指令和数据。

4. 外存储器

外存储器一般保存暂不执行的程序和数据或者是需长期保存的程序和数据。外存储器保存大量信息,但程序必须调入主存方可执行,待处理的数据也只有进入主存后才能被程序加工。

外存储器可以由磁介质构成,如软盘、硬盘,也可以由其他介质构成,如光盘等。由磁盘、光盘等构成的外存储器的容量很大,可以提供备份,其速度要求不是很高。外存储器的速度取决于盘片的机械转速,所以速度要比内存低得多,而价格也较内存低。

由于外存设置在主机外部,因此通常归属外部设备。常用的外存储器有:磁盘存储器、磁带存储器、光盘存储器和优盘存储器等。

(1) 磁盘存储器

磁盘存储器是当前各种机型的主要外存设备,它以铝合金或塑料为基体,两面涂有一层磁性胶体材料。通过电子方法可以控制磁盘表面的磁化,以达到记录信息(0 和 1)的目的。

磁盘的读写是通过磁盘驱动器完成的。常见的磁盘驱动器有两种:硬盘驱动器和软盘驱动器。

1) 软盘驱动器能接收可移动式软盘,目前微机所配置通用软盘驱动器大多数是 3.5 英寸的 1.44 MB 薄型软盘驱动器,适用于 1.44 MB 软盘。如图 2.6 所示。软盘存取速度慢,容量小,比较容易损坏,但装卸、携带方便。3.5 英寸软盘片是软盘的核心,是记录数据的载体,它由一种塑料物构成,表面涂着一层由铁氧化物构成的磁性材料。这与录音机中使用的磁带有相似,盘片在软盘驱动器中水平旋转并通过磁头来读写盘片上的信息,写的过程是以电脉冲将磁头下方磁道上那一点磁化,而读的过程则将磁头下方磁道上那一点的磁化信息转化为电信号,并通过电信号的强弱来判断为 0 还是 1。

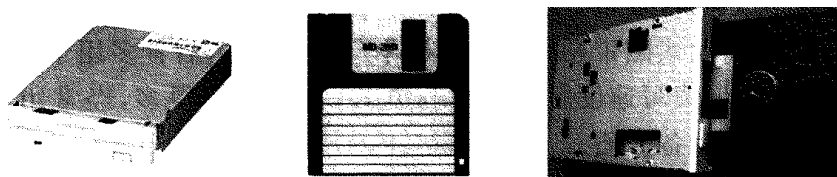


图 2.6 软盘驱动器及软盘

软盘只有经过格式化后才可以使⽤。格式化是为存储数据作准备,在此过程中,软盘被划分为若干个磁道,磁道又被划分为若干个扇区。例如,3.5 英寸软盘共有 80 个磁道,18 个扇区,每个扇区的容量均为 512 字节,两面的总容量约为 1.44 MB。软盘的容量可以用下列公式计算。

软盘的容量 = 记录面数 × 磁道数 / 面 × 扇区数 / 道 × 字节 / 扇区

2) 硬盘驱动器(包括硬盘片本身)完全密封在一个保护箱体⼤。硬盘以其容量大、存取速度快⽽成为各种机型的主要外存设备,如图 2.7 所示。

一般的计算机可配置不同数量的硬盘,且都有进一步扩充硬盘的余地。

硬盘的分类:从外形磁盘直径尺寸分有 5.25 英寸、3.5 英寸、2.5 英寸和 1.8 英寸等;从存储容量上分有 8.4 GB、10 GB、20 GB、30 GB 等。从接口分有电子集成驱动器 (IDE, Integrated Drive Electronics)、增强型 IDE (EIDE, Enhanced IDE)、高级技术附加装置 (ATA, Advanced Technology Attachment)、小型计算机系统专用接口 (SCSI, Small Computer System Interface) 等接口。其中 SCSI 接口硬盘主要用在服务器上。EIDE、ATA 是对 IDE 作了改进的接口,其传输速度有了大幅度的提高。

硬盘与软盘的工作原理相同。硬盘一般由多个盘片固定在一个公共的转轴上,构成盘

片组,如图 2.8 所示。微机上用的硬盘采用了温彻斯特技术,它把硬盘、驱动电机、读写磁头等组装并封装在一起,成为温彻斯特驱动器。硬盘工作时,固定同一个转轴上的多张盘片以每分钟数千转甚至更高的速度旋转,磁头在驱动马达的带动下在磁介质盘做径向移动,寻找定位,完成写入或读出数据工作。硬盘经过低级格式化、分区及高级格式化后即可使用。

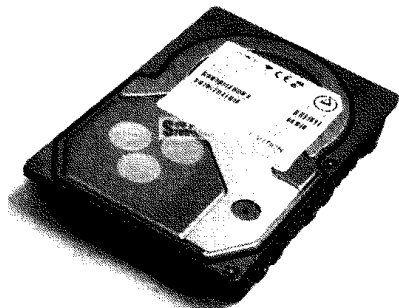


图 2.7 硬盘驱动器

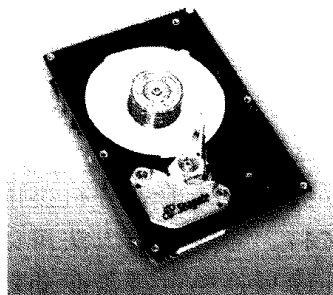


图 2.8 硬盘盘片图

硬盘片以硬质的铝合金片为片基,并涂上精细磁性材料制作而成。磁盘表面也以转轴中心为圆点,被均匀地划分为若干个半径不等的同心圆,称为磁道。不同记录面上相同直径的磁道在垂直方向构成同心圆柱,称为柱面,柱面数等于磁道数。每个磁道同样被划分为若干个扇区,每个扇区的容量均为 512 字节。因此,硬盘的容量可用下式计算:

$$\text{硬盘容量} = \text{记录面数} \times \text{柱面数} \times \text{扇区数} / \text{磁道} \times \text{字节} / \text{扇区}$$

(2) 磁带存储器

磁带的工作原理如同录音带、录像带一样。磁带存储器由磁带机和 磁带两部分组成。磁带分为开盘式磁带和盒式磁带两种,前者多用于大中型机,后者多用于微型机。磁带存储容量大,装卸方便。磁带读写速度是顺序读写方式,比磁盘慢得多,经常用来作为海量数据的存储和磁盘上数据的后备介质。

(3) 光盘

光电存储介质俗称光盘,是类似于激光唱盘的存储器,信息以激光刻录痕迹的形式保存在盘面上,光电读取设备中的光学读写头利用激光束投到光盘上,根据刻痕的深浅不同,反射的光束也不同,来表示不同的数据,如图 2.9 所示。一张光盘可以存储 650 MB 的数据。

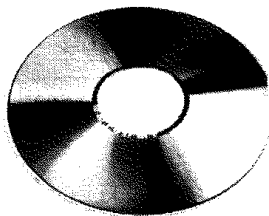
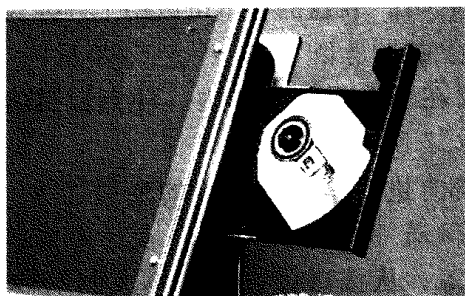


图 2.9 光盘驱动器及光盘

光驱是多媒体计算机的重要外设,主要用来读取光盘上的信息。此外它还有用来播放 CD、VCD 的功能。

光驱按安装方式划分:内置式和外置式;光驱按数据传输速度分:20 速、24 速、32 速、40

速、50 速等等；光驱按接口分类：IDE(或 EIDE)接口和 SCSI 接口，一般来说，SCSI 接口光驱性能比较好，但价格比较贵。

从光盘的使用特性可分为只读光盘、写一次光盘、可重写光盘三大类。

① 只读光盘或称 CD-ROM(Compact Disc Read Only Memory)

数据信息由生产厂家在制造时写入到光盘中，该光盘可反复进行读操作，但不能进行写操作，即光盘中的数据不能更改或删除，而是永久保存。由于这种光盘具有 ROM 性质，因此又称为 CD-ROM。目前广泛使用的是 CD-ROM 光盘。

② 一次性写入光盘(WORM)

一次性写入光盘，可以由用户写入信息，但只能写一次，不能抹除和改写。

③ 可擦写型光盘(MOD)

可擦写型光盘，用户可自己写入信息，也可对已有的信息进行抹除和改写，就像使用磁盘一样反复使用。可擦写型光盘需要插入特殊的光盘驱动器进行读写操作，它的存储容量一般在几百兆字节至几吉字节。

(4) 优盘

闪存盘(Flash Memory Disk)又名优盘，是一种采用快闪存储器(Flash Memory)为存储介质，通过 USB 接口与计算机交换数据的新一代可移动存储装置，如图 2.10 所示。大多数人都把闪存盘作为 1.44 MB 软盘的替代产品，但是原理却完全不同。1.44 MB 软盘是传统的磁介质存储产品，而闪存盘是以 Flash Memory 为介质，所以具有可多次擦写、容量超大、存取快捷、轻巧便捷、即插即用、安全稳定等许多传统移动存储设备无法替代的优点。

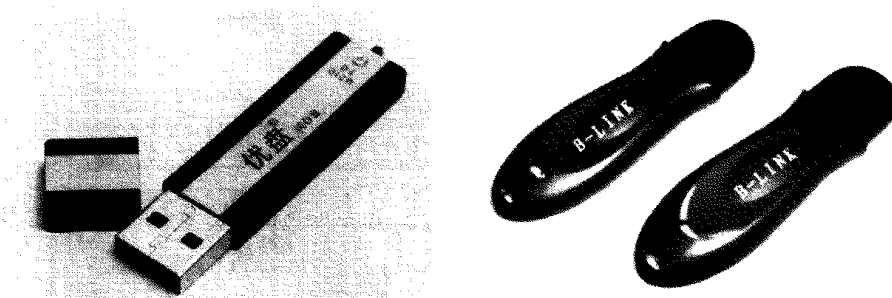


图 2.10 优盘

5. 虚拟存储器

由于主存储器扩充终归有限，所以目前广泛采用(尤其在 Windows 中)虚拟存储技术，可以通过软件方法，将主存和一部分外存空间构成一个整体，为用户提供一个比实际物理存储器大得多的存储器来模拟内存，这称之为虚拟存储器。

虚拟存储器的原理同样是基于程序访问存储器的局部性。调入内存的只是部分程序和数据，当要求的程序或数据不在物理存储器中时，就必须按照一定的算法进行虚拟存储器的调度，将当前要执行的程序和数据调入内存，而将内存中的部分程序和数据替换出来。

虚拟存储器技术有效地解决了物理内存不足的问题。但是，程序执行过程中的数据与程序的调入和调出实际上是内外存的交换，而访问外存的时间比访问内存要慢得多，用户获得了如虚拟存储器一样大的存储空间，但比物理存储器要慢一些。虚存技术实际上是用时间换取了空间。

2.2.3 输入/输出设备

输入/输出(Input /Output)设备简称 I/O 设备,主要功能是实现外部世界与主机之间的信息交换,提供了人机交互的硬件环境。

I/O 设备种类很多,计算机系统一般都装配了键盘、鼠标、显示器、打印机、音箱等输入/输出设备。显示器、打印机、绘图仪等是常用的输出设备,键盘、鼠标、光笔等是常用的输入设备。I/O 设备通常设置在主机外部,故又称之为外部设备。

1. 输入设备

输入设备用来将计算机外部信息传入计算机。外部信息是多种多样的,有字符、数字、声音、图像、视频等,所以必须进行信息形式的转换。

(1) 键盘的工作原理

键盘是计算机输入数据的主要设备,主要用来输入字符、数字和控制信息。键盘通过 5 针 DIN 插头与主机连接,插头标准有 AT 大口和 PS/2 小口两种,常用的计算机键盘有 83 键、101 键和 104 键 3 种。标准键盘如图 2.11 所示。键盘的种类很多,如果按内部构造分类,主要有机械式键盘和薄膜式键盘。机械式键盘上的每个键都是独立的微动开关,每个微动开关控制着不同的信号,按哪个键,哪个键就响应。这类键盘的特点在于每个键都是独立的,哪个坏掉就换哪个。薄膜式键盘内部是一片双层胶膜,胶膜中间夹有一条条的银粉线,胶膜与按键对应的位置会有一碳芯接触,按某个键,碳芯接触特定的几条银粉线,就产生不同的信号,表示不同的输入。这种键盘的特点是噪音低,每个按键下面的弹性胶可做防水处理,所以又称无声键盘。

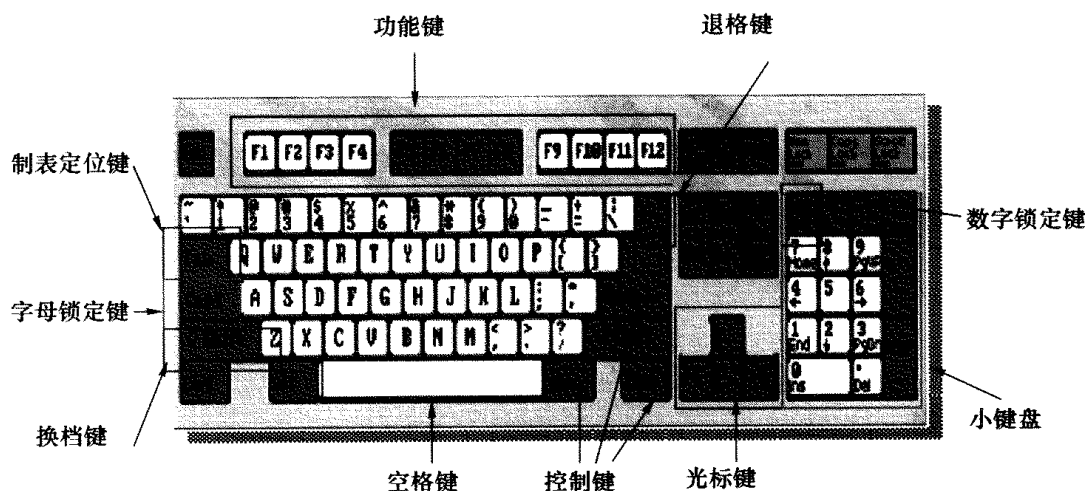


图 2.11 键盘

标准键盘上的按键排列可以分为 3 个区域:字符键区、功能键区、数字键区(数字小键盘)。

① 字符键区。由于键盘的前身是英文打字机,键盘排列已经标准化。因此,计算机的键盘最初就全盘采用了英文打字机的 QWERTY 排列方式。

② 功能键区。在键盘的最上一排,主要包括 F1~F12 这 12 个功能键,通常人们又称它们为热键,因为用户可以根据自己的需要来定义它们的功能,以减少重复击键的次数,方便操作。

③ 数字键区。又称小键盘区,安排在整个键盘的右部。它原来是为专门从事数字录入的工作人员提供方便的。

计算机键盘中几种键位的功能详细列表如表 2.1 所示。

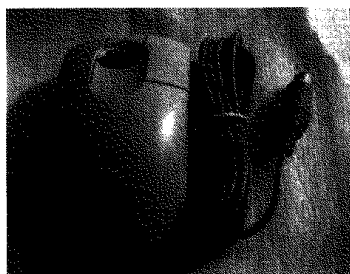
表 2.1 计算机键盘常用键位的功能表

键 位	功 能
Enter 键	回车键,将数据或命令输入计算机时即按此键。
Space bar 键	空格键,它是在字符键区的中下方的长条键。因为使用频繁,它的形状和位置使左右手都很容易打着。
Backspace 键	退格键,按下它可使光标回退一格。常用于删除当前行中的错误字符。
Shift 键	换档键。由于整个键盘上有 30 个双字符键,即每个键面上标有两个字符,并且英文字母还分大小写,因此通过此键可以转换。在计算机刚启动时,每个双字符键都处于下面的字符和小写英文字母的状态。
Ctrl 键	控制键。一般不单独使用,通常和其他键组合成复合控制键。
ESC 键	强行退出键。在菜单命令中,它常是退出当前环境、返回原菜单的按键。
Alt 键	交替换档键。它与其他键组合成特殊功能键或复合控制键。
Tab 键	制表定位键。一般按下此键可使光标移动 8 个字符的距离。
光标移动键	用箭头 \uparrow 、 \downarrow 、 \leftarrow 、 \rightarrow 分别表示上、下、左、右移动光标。
屏幕翻页键	PgUP(Page Up)翻回上一页;PgDn(Page Down)下翻一页。
打印屏幕键	Prtsc(Print Screen),把当前屏幕显示的内容全部打印出来。
双态键	包括 Ins 键和 3 个锁定键。Ins 的双态是插入状态和改写状态;Caps-lock 是字母状态和锁定状态;Num-lock 是数字状态和锁定状态;Scroll-lock 是滚屏状态和锁定状态。当计算机启动后,4 个双态键都处于第一种状态;按键后即处于第二种状态。在不关机的情况下,反复按键则在两种状态之间转换。为了区分锁定与否,许多键盘为它们配置了指示灯。

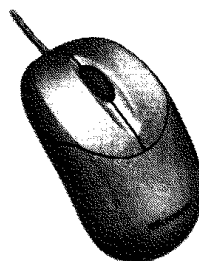
(2) 鼠标的工作原理

鼠标是广泛适用于图形用户界面的输入设备,如图 2.12 所示。鼠标通过 RS-232C 串行口或 PS/2 口与计算机连接。其工作原理是:当鼠标移动时,它把移动距离及方向的信息变成脉冲信号送入计算机。计算机再将脉冲信号转变成光标的坐标数据,从而达到指示位置的目的。目前使用的鼠标有机械式和光电式两种,上面一般有 2~3 个按键,对鼠标的操作有移动、单击、双击、拖拽几种。

其他输入设备还有光笔、扫描仪(见图 2.13)等。



(a) 机械鼠标



(b) 光电鼠标

图 2.12 鼠标

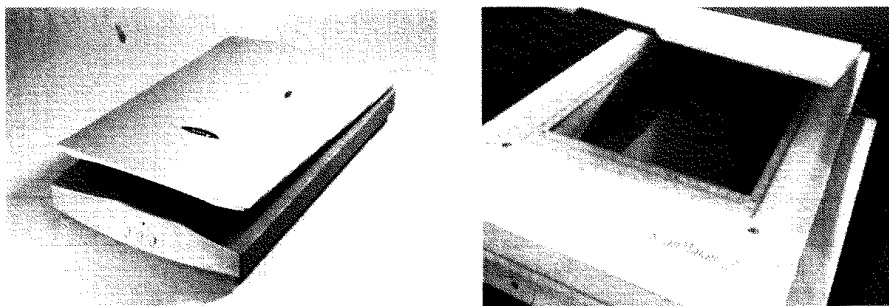


图 2.13 扫描仪

2. 输出设备

输出设备用来将计算机的处理结果以用户能够接受的形式输出。通常包括文本、图形、视频、音频以及计算机内部编码数据等。基本文本、图形、声音形态都可以直接提供使用。而计算机内部编码数据可以作为中间形态保存在磁带或磁盘中以备使用。

(1) 显示器

显示器是利用视频显示技术制成的最常用的输出设备。显示器分为 CRT 显示器和液晶显示器两种。CRT 显示器是一种使用阴极射线管(Cathode Ray Tube)的显示器,阴极射线管主要由 5 部分组成:电子枪(Electron Gun)、偏转线圈(Deflection Coils)、荫罩(Shadow Mask)、荧光粉层(Phosphor)及玻璃外壳。它是目前应用最广泛的显示器之一,CRT 纯平显示器具有可视角度大、无坏点、色彩还原度高、色度均匀、可调节的多分辨率模式、响应时间极短等 LCD 显示器难以超过的优点,而且现在的 CRT 显示器价格要比 LCD 显示器便宜很多。

CRT 显示器的工作原理:CRT(阴极射线管)显示器的核心部件是 CRT 显像管,其工作原理和我们家中电视机的显像管基本一样,可以把它看作是一个图像更加精细的电视机。经典的 CRT 显像管使用电子枪发射高速电子,经过垂直和水平的偏转线圈控制高速电子的偏转角度,最后高速电子击打屏幕上的磷光物质使其发光,通过电压来调节电子束的功率,就会在屏幕上形成明暗不同的光点形成各种图案和文字。彩色显示器采用的是彩色显像管,屏幕内侧涂的是由红、绿、蓝三色磷光点(形成一个小三角形)构成的发光材料,每一组三色磷光点构成一个像素。三原色发光强弱不同,就可产生出一个不同亮度和颜色的像素。构成图像的最小单元或构成图像的点称为像素。荧光屏上像素之间的最小距离称为点距。点距越小,像素密度越大(制造起来也越困难),对于同样尺寸的屏幕而言,可容纳的像素越多,显示画面就越清晰。

液晶显示器英文是 Liquid Crystal Display,缩写为 LCD。它的主要原理是为以电流刺激液晶分子产生点、线、面配合背部灯管构成画面。

液晶显示器有以下特点:

- ① 机身薄,节省空间:与比较笨重的 CRT 显示器相比,液晶显示器只要前者三分之一的空间。
- ② 省电,不产生高温:它属于低耗电产品,可以做到完全不发烫,相对于 CRT 显示器,因显像技术不可避免产生高温。
- ③ 无辐射,益健康:液晶显示器完全无辐射,这对于整天在电脑前工作的人来说是一个福音。

④ 画面柔和不伤眼:不同于 CRT 技术,液晶显示器画面不会闪烁,可以减少显示器对眼睛的伤害,眼睛不容易疲劳。

分辨率是衡量显示器的一个常用指标,是指整屏可显示像素的多少。这与屏幕尺寸和点距密切相关,用水平方向的像素数乘垂直方向的像素数表示。例如 1024×768 指在水平方向共有 1024 个像素,而垂直方向有 768 个像素,即有 1024 列、768 行。通常,显示器可以支持多种分辨率。

显示系统包括图形显示适配器(显卡)和显示器两大部分,图 2.14 为显卡,图 2.15 为显示器。显卡起到 CPU 与显示器之间的接口作用,还有处理图形数据、加速图形显示等作用。显卡的核心部分是显卡上的图形加速芯片。显卡的另一个重要指标是显卡上带的显存容量的大小,它直接关系到显卡支持的图形显示质量。一般的显卡都会带 4~128 MB,甚至更大容量的显存。

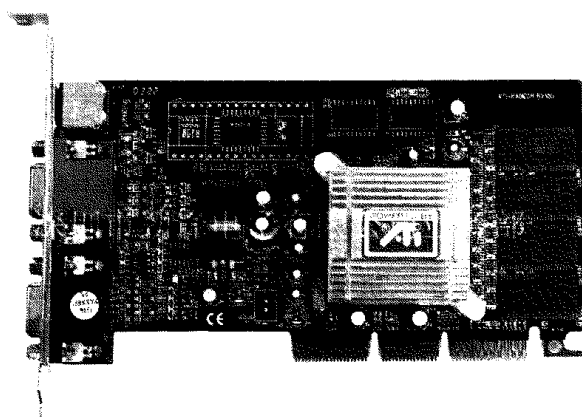
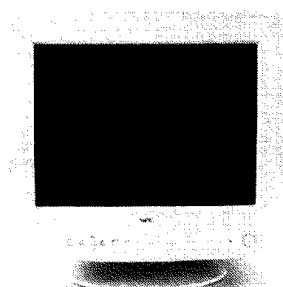
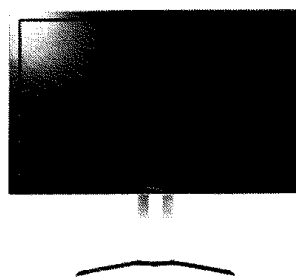


图 2.14 显卡



(a) CRT显示器



(b) 液晶显示器

图 2.15 显示器

(2) 打印机

打印机是以纸为介质,用机、光、电技术制成的打印输出设备。它保存的信息具有长久性。打印机以打印字符为主。一次打印一个字符的称为字符打印机,一次打印一行字符的称为行式打印机,一次打印一页字符的称为页式打印机。按照工作机构又可把打印机分为两类:击打式打印机和非击打式打印机。击打式打印机主要是指点阵打印机(针式),靠针尖在色带上的刻写,达到书写在纸张上的目的。非击打式打印机也有若干种,如喷墨打印机、

静电打印机、激光打印机等。图 2.16 为针式打印机、喷墨打印机及激光打印机。激光打印机是目前速度最快、质量最高、价格最贵的打印机。

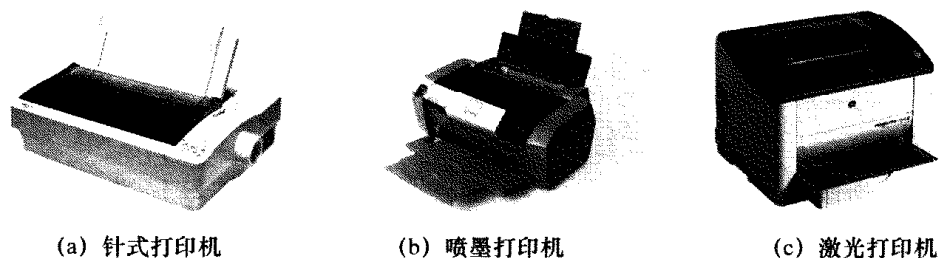


图 2.16 打印机

(3) 绘图机

绘图机使用不同性质的纸张绘出五彩缤纷的高质量图形。通常,按照作图机构可把绘图机分为笔式绘图机和非笔式绘图机两类。在非笔式绘图机中,主要有静电绘图机、热敏绘图机、电子照相绘图机等。笔式绘图机根据所绘图的大小可分为大型绘图机(使用 A0 纸)、中型绘图机(使用 A1 纸)和小型绘图机(使用 A3 纸);根据纸与笔的移动方式不同可以分为两大类:平板式(Flat)和滚筒式(Drum)。平板式绘图机将图纸固定在固定的平板上。平板上方有一 y 方向的导轨,电机驱动笔架沿导轨可作 y 方向的移动。 y 方向的导轨架在 x 方向的导轨之迹,因此可由 x 方向电机驱动 y 方向导轨带动笔架,沿着 x 方向导轨移动。这样笔架上的笔就可按照输出量作二维方向的移动和绘图。滚筒式绘图机的笔架的 y 方向的移动方式与平板式相同。但 x 方向的移动则由滚筒的旋转而完成。滚筒式绘图机比平板式绘图机价格便宜,占地面积小,但是精度稍差,只能接受一种大小的图纸,而且在绘图过程中对图面监视困难。图 2.17 为平板式绘图机和滚筒式绘图机。

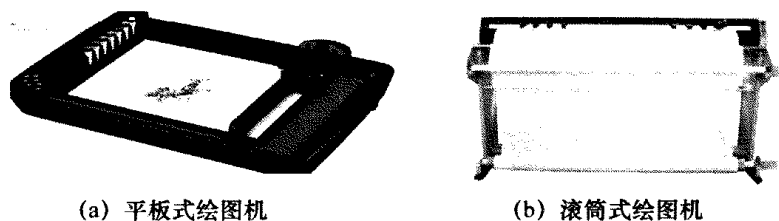


图 2.17 绘图机

常用的输出设备还包括影像输出系统、语音输出系统等。

2.2.4 总线与接口的基本概念

总线是指计算机系统中能够为多个部件共享的公共信息通道,是计算机系统的骨架。由于总线在某一时刻只能被某一部件独占,所以存在总线争用问题。

计算机的总线结构有单总线结构、双总线结构、三总线结构。

在三总线结构的计算机中,计算机的系统总线按照其功能和传输信息的种类可以分为地址总线(AB, Address BUS)、数据总线(DB, Data BUS)和控制总线(CB, Control BUS),分别负责传送地址、数据和控制信息。这样就非常适合计算机部件的模块化生产,促进了微计算

机的普及。微型计算机的总线化硬件结构图如图 2.18 所示。

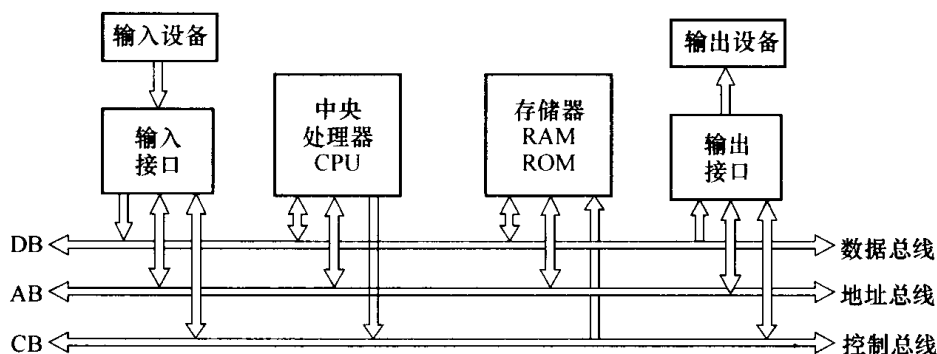


图 2.18 微型计算机总线化硬件结构图

计算机中的总线用总线宽度和总线频率来表征总线的性能。总线宽度定义为一次能并行传输的二进制位数。例如 32 位总线一次能传送 32 位数据,64 位总线一次能传送 64 位数据。而总线频率则用来表征总线的速度,目前常见的总线频率有 66 MHz、100 MHz、133 MHz,甚至更高。

总线按照连接部件的不同,可以分如下 3 种:

(1) 内部总线

用于同一部件内部的连接,例如 CPU 内部连接各寄存器和运算部件的总线。

(2) 系统总线

用于连接同一台计算机的各部件,例如 CPU、内存、输入/输出设备等接口之间的互相连接的总线。系统总线按其功能又可分为数据总线、地址总线和控制总线 3 类,分别用来传送数据、地址和控制信号。

(3) 扩展总线

扩展总线负责 CPU 与外部设备之间的通信。

总线在发展过程中形成了许多标准,如最常见的有工业标准结构(ISA, Industry Standard Architecture)总线、扩展工业标准结构(EISA, Extended Industry Standard Architecture)总线、外部设备互连(PCI, Peripheral Component Interconnect)总线、图形加速接口(AGP, Accelerated Graphics Port)总线等。

PCI 总线是 Intel 在开发奔腾 CPU 的过程中连带设计的一种局部总线标准。该总线标准性能先进、成本低廉、可扩充性好,特别是 PCI 总线结构对于微软提供的“即插即用”(Plug and Play)方案有很好的支持,现已经成为奔腾以上 PC 机普遍采用的外设接插总线。目前在许多微型计算机主板上,PCI 总线插槽的数量往往最多。

AGP 总线是随着三维图形的应用而发展起来的一种总线标准。因为三维图形对计算速度提出了很高的要求,使得 PCI 总线的传送速度也变得紧张,为此提出了一种供图形加速卡专用的总线标准——AGP 总线。它在图形卡与系统内存之间提供了一条直接的访问途径。在奔腾 II 以后的 PC 机上,AGP 成为与 PCI 共存的一种总线标准。

总线连接方式使机器各部件之间显得简洁,也使得部件的增减方便易行。当需要增加一些部件时,只要这些部件的接口能满足总线规定的要求,就可以与总线直接相连,给微型计算机的生产和应用都带来了极大的方便。但需要说明的是,总线连接需要有专门的总线

控制逻辑。

计算机的外部设备多种多样,而系统总线上的信息都是二进制码,而且外部设备与 CPU 的处理速度相差很大,所以需要在系统总线与 I/O 设备之间设置接口,来进行数据缓冲、速度匹配和信息转换等工作。

2.3 计算机软件组成

没有配备任何软件的计算机称为“裸机”。裸机向外部世界提供的界面只是机器指令,裸机本身几乎不能完成任何功能,只有配备一定的软件,才向用户呈现出强大的功能和友好的使用界面。一个完整的计算机系统是由硬件系统和软件系统两部分组成的。硬件是组成计算机的物质实体,如中央处理器、存储器、总线等。而软件是指挥计算机工作的程序、程序运行时所需的数据以及这些程序和数据的相关说明的技术资料。软件系统是计算机上可运行的全部程序的总和。通常将软件分为系统软件和应用软件两大类。

2.3.1 系统软件

可以把软件分成若干层,最内层是对硬件的扩充与完善,而外层则是对内层的再次扩充与完善。一般把靠近内层、为方便使用和管理计算机资源的软件称为系统软件。系统软件是用于计算机管理、监控、维护的软件,并为用户提供一个友好的操作界面。

系统软件有两个主要特点:一是通用性,即无论哪个应用领域的计算机用户都要用到它们;二是基础性,即应用软件要在系统软件支持下编写和运行。系统软件通常包括:操作系统、文字处理程序、计算机语言处理程序、数据库管理程序、联网及通信软件、各类服务程序和工具软件等。

1. 操作系统

操作系统(OS, Operating System)是对计算机的全部软硬件资源进行控制和管理的大型软件系统,是直接运行在裸机上的最基本的系统软件,其他软件必须在操作系统的支持下才能运行,它是软件系统的核心。操作系统主要包括进程和处理器管理、作业管理、存储管理、设备管理和文件管理五大功能。其作用是管理计算机的全部硬件资源和软件资源,合理组织计算机工作流程,为用户提供高效、方便的服务界面。常见的单用户操作系统有 DOS、Windows 95/98 等,网络操作系统有 UNIX、NetWare、Windows NT。

2. 计算机语言处理程序

计算机语言分机器语言、汇编语言和高级语言。

(1) 机器语言(Machine Language)。是指机器能直接认识的语言,它是由 1 和 0 组成的一组代码指令。

(2) 汇编语言(Assemble Language)。实际是由一组与机器语言指令一一对应的符号指令和简单语法组成的。

(3) 高级语言(High Level Language)。比较接近日常用语,对机器依赖性低,即适用于各种机器的计算机语言,如 BASIC 语言、Visual BASIC 语言、FORTRAN 语言、C 语言、Java 语言等。

将高级语言所写的程序翻译为机器语言程序,有两种翻译程序,一种称为编译程序,一

种称为解释程序。编译程序把高级语言所写的程序作为一个整体进行处理,编译后与子程序库链接,形成一个完整的可执行程序。这种方法的缺点是编译、链接较费时,但可执行程序运行速度很快。FORTRAN、C 语言等都采用这种编译的方法。解释程序则对高级语言程序逐句解释执行。这种方法的特点是程序设计的灵活性大,但程序的运行效率较低。BASIC 语言属于解释型。

3. 数据库管理系统

数据处理在计算机应用中占很大比例,对于大量的数据如何存储、利用和管理,如何使多个用户共享同一数据资源,是数据处理中必须解决的问题,为此 20 世纪 60 年代末开发出了数据库系统,使得数据处理成为计算机应用的一个重要领域。数据库系统主要由数据库和数据库管理系统(DBMS,Date Base Management System)组成。

数据库是按一定方式组织起来的相关数据的集合。它与信息管理系统是密切相关的,是建立信息管理系统的主要软件工具。数据库已成为计算机应用的一个重要领域。目前,数据库已广泛应用于人事管理、财务管理、档案管理、图书资料管理、仓库管理等方面的数据管理。数据管理包括数据的组织编目、定位、存储、搜索、查询、修改、排序、分类等内容。数据库技术就是针对这些数据处理而发展起来的。

数据库管理系统是对数据库进行有效管理和操作的系统,是用户与数据库之间的接口,它提供了用户管理数据库的一套命令,包括数据库的建立、修改、检索、统计、排序等功能。

具有联系的数据结构形式称为数据模型。一般数据库管理系统是按不同的数据模型把数据组织到数据库的。常用的数据模型可分为层次型、网络型和关系型 3 种。其中关系型数据库管理系统应用广泛,常见的有 dBASE、FoxBASE、FoxPro、Oracle、Sybase、Informix 等。

另外,还有联网及通信软件、各类服务程序和工具软件等。

2.3.2 应用软件

应用软件是针对某个应用领域的具体问题而开发和研制的程序。应用软件一般包括用户程序及其说明性文档资料。应用软件必须在系统软件的支持下才能工作。它具有很强的实用性和专业性,正是由于应用软件的开发和使用,才使得计算机的应用日益渗透到社会的各行各业。

比较常用的应用软件有:文字处理软件,如 Word、WPS 等;电子表格软件,如 Excel、Lotus1-2-3 等;图形处理软件,如 AutoCAD、3DS、PaintBrush 等;课件制作软件,如 Power-Point、Authorware 等;多媒体处理软件,如 MediaPlayer、RealPlay 等。

下面以比较流行的和综合的应用软件——管理信息系统和计算机集成制造系统为例。

1. 管理信息系统

管理信息系统(MIS,Management Information System)是对信息进行管理的软件。它是“一个由人、计算机等组成的,能进行信息收集、传送、存储、加工、维护和使用的系统。管理信息系统能实测企业的各种运行情况,利用过去的的数据预测未来,从企业全局出发辅助企业进行决策,利用信息控制企业的行为,帮助企业实现目标规划。”

在我国,信息管理系统应用十分广泛,很多政府部门、企事业单位都按它们各自的需要开发了自己的信息管理系统,对信息进行有效的管理,并且可以通过互联网方式供他人查询。

2. 计算机集成制造系统

计算机集成制造系统 CIMS 是一个新兴的、跨学科的计算机应用系统。在制造业中,当前发展的一个趋势是把网络系统、数据库管理系统和 CAD/CAM(计算机辅助设计/计算机辅助制造)系统结合起来,在计算机技术、信息技术、自动控制技术、柔性技术及系统学科的基础上实现生产的决策、产品设计,直到销售的整个生产过程的自动化,把它们集成为一个完整的、效益最佳的生产系统,称为计算机集成制造系统。在我国,CIMS 是国家“863”计算自动化领域的一个主题,在 CIMS 的理论上和实际应用中取得了世界公认的成绩。

2.4 计算机运算及编码基础

2.4.1 数据进制

在计算机内部,信息广泛采用二进制(Binary)形式表示,有时还会使用十进制(Decimal)、八进制(Octal)、十六进制(Hexadecimal)。

1. 二进制

计算机内部是一个二进制数字世界,不论是程序还是数据,若想存入计算机中或进行运行,都必须采用二进制编码形式。在二进制中只有两个数,即 0 和 1。图形、声音等信息,也必须转换成二进制数的形式,才能存入计算机中。

在计算机内部采用二进制表示信息有以下几个优点:

(1) 易于物理实现

因为具有两种稳定状态的物理器件是很多的,如门电路的导通与截止、电压的高与低,而它们恰好对应表示 1 和 0 两个符号。而如果采用十进制,要制造具有 10 种稳定状态的电子电路,那是非常困难的。

(2) 二进制数运算简单

数学推导证明,对 r 进制的算术求和、求积规则各有 $r(r+1)/2$ 种。采用十进制,就有 55 种求和与求积的运算规则,而二进制仅各有 3 种,因而简化了运算器等物理器件的设计。而采用二进制同样可以保证数据的精度和宽度范围,只需增加数据总线的宽度和存储单元的位数,相对于运算规则和多稳定状态来说,这要简单得多。

(3) 机器可靠性高

由于电压的高低、电流的有无等都是一种质的变化,两种状态区别明显,所以二进制码的传递抗干扰能力强,鉴别信息的可靠性高。

(4) 通用性强

基 2 码不仅成功地运用于数值信息编码(二进制),而且适用于各种非数值信息的数字化编码。特别是仅有的两个符号 0 和 1,正好与逻辑命题的两个值“真”与“假”相对应,从而为计算机实现逻辑运算和逻辑判断提供了方便。

二进制的加减乘除的运算法则与十进制基本相同。唯一的区别在于二进制是逢“二”进位(或借位)。

例 2.1 已知 $A=00110010$, $B=10010010$, 试计算 $A+B$, $B-A$ 。

解

00110010	10010010
+ 10010010	- 00110010
<hr/>	<hr/>
11000100	01100000

因此, $A+B=11000100$, $B-A=01100000$ 。

2. 其他进制

在一种数制中, 只能使用一组固定的数字符号来表示数目的大小, 具体使用多少个数字符号来表示数目的大小就称为该数制的基数(Radix)。不同的计数制是以基数来区分的, 若以 r 代表基数, 则有:

(1) 十进制

基数是 10, 即 $r=10$, 它有 10 个数字符号, 即 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9。其中最大数码是基数减 1, 即 9, 最小数码是 0。

(2) 二进制

基数是 2, 即 $r=2$, 它只有两个数字符号, 即 0 和 1。这就是说, 如果在给定的数中, 除 0 和 1 外还有其他数, 例如 1012, 它就决不会是一个二进制数。

(3) 八进制

基数是 8, 即 $r=8$, 它有 8 个数字符号, 即 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7。最大的也是基数减 1, 即 7, 最小的是 0。

(4) 十六进制

基数是 16, 即 $r=16$, 它有 16 个数字符号, 除了十进制中的 10 个数可用外, 还使用了 6 个英文字母。它的 16 个数字依次是 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F。其中 A~F 分别代表十进制数的 10~15, 最大的数字也是基数减 1。

既然有不同的进制, 那么在给出一个数时, 需指明是什么数制的数。例如, $(1010)_2$, $(1010)_8$, $(1010)_{10}$, $(1010)_{16}$ 所代表的数值就不同。除了用下标表示外, 还可用后缀字母来表示数制。例如, A4EH, FEEDH, BADH (最后的字母 H 表示是十六进制数), 与 $(ZA4E)_{16}$, $(FEED)_{16}$, $(BAD)_{16}$ 的意义相同。

所谓按基数进、借位, 就是在执行加法或减法时, 要遵守“逢 r 进 1, 借 1 当 r ”的规则。如十进制数规则为“逢十进一, 借一当十”; 二进制数的规则为“逢二进一, 借一当二”。基数 r 的大小同时也说明了 r 进制中拥有不同数符的个数。

3. 进制和位权

在数制中, 还有一个规则, 这就是, r 进制必须是逢 r 进一。同一个数码, 出现在不同数位所代表的数值是不相同的。即一个数所代表的数值由两个因素决定: 数码本身及其所在的数位。

对于多位数, 处在某一位上的“1”所表示的数值的大小, 称为该位的位权。例如十进制第 2 位的位权为 10, 第 3 位的位权为 100; 而二进制第 2 位的位权为 2, 第 3 位的位权为 4, 对于 r 进制数, 整数部分第 i 位的位权为 r^{i-1} , 而小数部分第 j 位的位权为 r^{-j} 。

(1) 十进制数的特点是逢十进一

例如: $(1010)_{10} = 1 \times 10^3 + 0 \times 10^2 + 1 \times 10^1 + 0 \times 10^0$

(2) 二进制数的特点是逢二进一

例如: $(1010)_2 = 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0 = (10)_{10}$

(3) 八进制数的特点是逢八进一

例如: $(1010)_8 = 1 \times 8^3 + 0 \times 8^2 + 1 \times 8^1 + 0 \times 8^0 = (520)_{10}$

(4) 十六进制数的特点是逢十六进一

例如: $(BAD)_{16} = 11 \times 16^2 + 10 \times 16^1 + 13 \times 16^0 = (2989)_{10}$

表 2.2 列出了不同进制权值的转换表。

表 2.2 不同进制权值表

二进制(B)	十进制(D)	八进制(O)	十六进制(H)
0	0	0	0
1	1	1	1
10	2	2	2
11	3	3	3
100	4	4	4
101	5	5	5
110	6	6	6
111	7	7	7
1000	8	10	8
1001	9	11	9
1010	10	12	A
1011	11	13	B
1100	12	14	C
1101	13	15	D
1110	14	16	E
1111	15	17	F
10000	16	20	10

可以看出,1 位十六进制数可以表示为 4 位二进制数,1 位八进制数可以表示为 3 位二进制数。

2.4.2 进制转换

在日常生活中,人们使用最多的是十进制。在计算机中使用的是二进制数,十进制数如何与二进制数转换,以及二进制与八进制和十六进制如何转换呢?

1. 二进制、八进制、十六进制转换为十进制

给出一个二进制、八进制或十六进制数,根据各位的位权值可以简便地计算出相应的十进制数。

对于任意的 r 进制数,可以用以下的展开和式:

$$a_n \cdots a_1 a_0 . a_{-1} \cdots a_{-m}(r) = a_n r^n + \cdots + a_1 r + a_0 + a_{-1} r^{-1} + \cdots + a_{-m} r^{-m}$$

其中, r 为基数,整数为 $n+1$ 位,小数为 m 位。

例 2.2 分别把 $(10111)_2$, $(1101.101)_2$, $(111)_8$, $(237.4)_8$, $(10A)_{16}$, $(32CF.4B)_{16}$ 转换

为十进制数。

解 分别按以上展开和式得

$$(10111)_2 = 1 \times 2^4 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 = 16 + 4 + 2 + 1 = (23)_{10}$$

$$(1101.101)_2 = 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-3} = 8 + 4 + 1 + 0.5 + 0.125 = (13.625)_{10}$$

$$(111)_8 = 1 \times 8^2 + 1 \times 8^1 + 1 \times 8^0 = 64 + 8 + 1 = (73)_{10}$$

$$(237.4)_8 = 2 \times 8^2 + 3 \times 8^1 + 7 \times 8^0 + 4 \times 8^{-1} = 128 + 24 + 7 + 0.5 = (159.5)_{10}$$

$$(10A)_{16} = 1 \times 16^2 + 10 \times 16^0 = 256 + 10 = (266)_{10}$$

$$\begin{aligned}(32CF.4B)_{16} &= 3 \times 16^3 + 2 \times 16^2 + 12 \times 16^1 + 15 \times 16^0 + 4 \times 16^{-1} + 11 \times 16^{-2} \\ &= 12\,288 + 512 + 192 + 15 + 0.25 + 0.042\,968\,75 = (13\,007.292\,968\,75)_{10}\end{aligned}$$

2. 十进制转换为二进制、八进制、十六进制

(1) 十进制整数 t 转换为 r 进制整数: $t = a_n \cdots a_1 a_0 (r)$ 。

转换规则为除 r 取余法:

由 r 进制整数按位展开公式的以下形式:

$$\begin{aligned}t &= a_n \cdots a_1 a_0 (r) \\ &= a_n r^n + \cdots + a_1 r + a_0 \\ &= ((\cdots((0 + a_n)r + a_{n-1})r + \cdots + a_2)r + a_1)r + a_0\end{aligned}$$

t 除以 r , 商为整数 $((\cdots((0 + a_n)r + a_{n-1})r + a_2)r + a_1)$, 余数为 a_0 ;

所得商再除以 r , 商为整数 $((\cdots((0 + a_n)r + a_{n-1})r + \cdots) + a_2)$, 余数为 a_1 ;

依此类推, 直至商为 0, 余数为 a_n 。

(2) 十进制小数 t 转换为 r 进制小数: $t = 0.a_{-1} \cdots a_{-m} (r)$ 。

转换规则为乘 r 取整法: 由 r 进制小数按位展开公式的以下形式:

$$\begin{aligned}t &= 0.a_{-1} \cdots a_{-m} (r) \\ &= a_{-1} r^{-1} + a_{-2} r^{-2} + \cdots + a_{-m} r^{-m} \\ &= \left(a_{-1} + \left(a_{-2} + \cdots + (0 + a_{-m}) \cdot \frac{1}{r} \cdots \right) \cdot \frac{1}{r} \right) \cdot \frac{1}{r}\end{aligned}$$

t 乘 r , 得整数部分为 a_{-1} , 小数部分为 $\left(a_{-2} + \cdots + (0 + a_{-m}) \cdot \frac{1}{r} \cdots \right) \cdot \frac{1}{r}$;

小数部分再乘 r , 得整数部分为 a_{-2} , 小数部分为

$$\left[\cdots + (0 + a_{-m}) \cdot \frac{1}{r} \right]$$

依此类推, 直至小数部分为 0, 此时整数部分为 a_{-m} , 转换完成。

由以上 r 进制数按位展开公式可知, 将 1 个十进制数转换为 r 进制数的转换规则为:

(1) 整数部分: 除以 r 取余数, 直到商为 0, 余数从右到左排列(先余为低位, 后余为高位)。

(2) 小数部分: 乘以 r 取整数, 整数从左到右排列(先整为高位, 后整为低位)。

具体来说, 将 1 个十进制数转换为二进制数的转换规则为:

(1) 整数部分: 除以 2 取余数, 直到商为 0, 余数从右到左排列(先余为低位, 后余为高位)。

(2) 小数部分: 乘以 2 取整数, 整数从左到右排列(先整为高位, 后整为低位)。

例 2.3 将十进制数 125.24 转化为二进制数(取四位小数)。

解 对整数部分用除 2 取余,对小数部分用乘 2 取整。

整数部分转换		小数部分转换	
2|125		0.24	
2|62	...1	× 2	
2|31	...0	—————	
2|15	...1	0.48	...0
2|7	...1	× 2	
2|3	...1	—————	
2|1	...1	0.96	...0
0	...1	× 2	
		—————	
		1.92	...1
		× 2	
		—————	
		1.84	...1

因此, $(125.24)_{10} = (1111101.0011)_2$ 。

3. 二进制与八进制、十六进制间的转换

注意到 $2^3=8$,二进制数与八进制数之间的相互转换有以下规则:从小数点开始,每 3 位二进制数对应 1 位八进制数。表 2.3 为二进制与八进制转换表。

表 2.3 二进制与八进制转换表

1 位八进制数	0	1	2	3	4	5	6	7
3 位二进制数	000	001	010	011	100	101	110	111

同样,因 $2^4=16$,二进制数与十六进制数之间的相互转换有以下规则:从小数点开始,每 4 位二进制数对应 1 位十六进制数。表 2.4 为二进制与十六进制转换表。

表 2.4 二进制与十六进制转换表

1 位十六进制数	0	1	2	3	4	5	6	7
4 位二进制数	0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111
1 位十六进制数	8	9	A	B	C	D	E	F
4 位二进制数	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111

二进制转化成八进制,整数部分从右向左 3 位一组进行分组;小数部分从左向右 3 位一组进行分组,不足补零。

二进制转化成十六进制,整数部分从右向左 4 位一组进行分组;小数部分从左向右 4 位

一组进行分组,不足补零。

例 2.4 将二进制数 11010111100010111 转换为十六进制数。

解

二进制数	11	1010	1111	0001
十六进制数	3	A	F	1

因此, $(11010111100010111)_2 = (3AF17)_{16}$ 。

例 2.5 将十六进制数 6FBE4 转换为二进制数。

解

十六进制数	6	F	B	E	4
二进制数	110	1111	1011	1110	0100

因此, $(6FBE4)_{16} = (110111110111100100)_2$ 。

2.4.3 原码、反码与补码

数值信息在计算机内的表示方法就是用二进制数来表示,为了运算简单,在不同的场合还采用了原码、补码、反码、移码等不同的编码方法,采用“定点数”和“浮点数”的方式来分别表示整型数和实型数。

1. 原码

用最高位表示数值的符号,其后各位表示该数值的绝对值的表示法称为原码表示法。其中符号位为 0 时表示该数值为正,符号位为 1 时表示该数值为负。

例如: $[+1000110]_{\text{原}} = 01000110$, $[-1000110]_{\text{原}} = 11000110$ 。

2. 反码

对于正数而言,反码与原码相同;对于负数,反码保持原码的符号位不变,而其他各位取反。

例如: $[+1000110]_{\text{反}} = 01000110$, $[-1000110]_{\text{反}} = 10111001$ 。

3. 补码

对于正数而言,补码与原码相同;对于负数,补码保持原码的符号位不变,而其他各位取反,然后在最低位加上 1。

例如: $[-117]_{\text{反}} = 10001010$, 加“1”得 $[-117]_{\text{补}} = 10001011$ 。

因为原码的符号位在做减法时处理较麻烦,引入补码和反码的主要目的是要减小采用原码运算的复杂性。引入补码和反码后,使运算器对加法和减法的处理趋于一致,简化了硬件,这些对乘、除法的运算也是有利的。

2.4.4 数的定点表示与浮点表示

1. 定点数表示方法

所谓定点格式,即约定机器中所有数据的小数点位置是固定不变的,由于约定在固定的位置,小数点就不再使用记号“.”来表示,即只有概念上的小数点,而不存在物理上的小数点。原理上讲,小数点位置固定在哪一位都可以,但是通常将数据表示成纯小数或纯整数。

(1) 定点整数

小数点的位置约定在最低数值位的后面,其格式如图 2.19 所示。

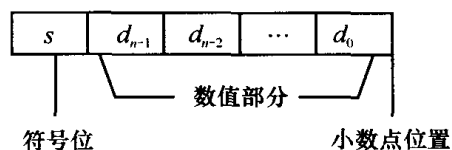
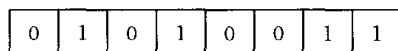


图 2.19 定点整数的存储格式

例如,假设定点整数占 8 位,则数值 83 存放的形式如下:



(2) 定点小数

小数点的位置约定在数符位和数值部分的最高位之间,其格式如图 2.20 所示。

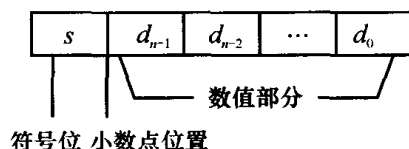
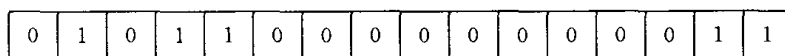


图 2.20 定点小数的存储格式

例如,假设 2 个字节,则十进制小数 0.6876 定点数表示的形式如下:



2. 浮点数表示方法

浮点数的思想来源于数学中的指数表示形式,例如,十进制数 $256 = 0.256 \times 10^3$, $(1011011)_2$ 可以表示为 0.1011011×2^{11} 。因此,计算机中还可以这样来表示数据:把一个数的有效数字和数的范围在计算机的一个存储单元中分别予以表示。这种把数的范围和精度分别表示的方法,相当于数的小数点位置随比例因子的不同而在一定范围内可以自由浮动,所以称为浮点数表示。浮点数能够表示的范围明显扩大了。

浮点表示法中的小数点位置不是固定不变的,是浮动的。任何浮点数都可以由阶码和尾数(及其符号位)组成,其格式如图 2.21 所示。

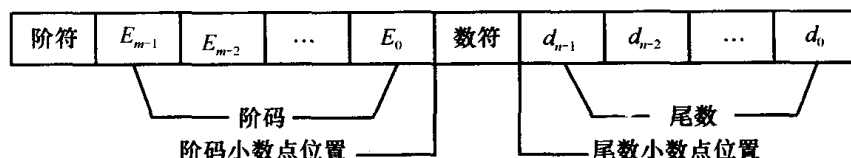


图 2.21 浮点数存储格式

其中,尾数的位数决定数的精度;尾符决定浮点数的符号;阶码的位数决定阶数的范围。可以带符号位也可以不带符号位,具体要看计算机的浮点数标准。

任意二进制规格化浮点数表示形式为

$$N = \pm d \times 2^{\pm p}$$

其中,纯小数 d 为尾数,整数 p 为阶码, d 与 p 都带符号。存储形式如下:

阶符(1位)	阶码 p	数符(1位)	尾数 d
--------	--------	--------	--------

例如, -0.11011×2^{-011} 在机内的表示形式如下:

10000011	11101100	00000000	00000000
----------	----------	----------	----------

浮点数的加减乘除运算可用其运算公式推导出计算方法。

2.4.5 逻辑运算

计算机之所以具有一定的智能,除了它的运算速度快,处理能力强之外,一个重要的原因是因为它能够进行逻辑运算。参与逻辑运算的数值没有符号位。

逻辑运算的基本运算有:与、或、非。以这 3 种基本运算可以组成其他多种逻辑关系。这里仅仅介绍与、或、非这 3 种基本运算法则。

(1) 逻辑数据的表示

二进制的数码只有 0 与 1,通常用 1 表示逻辑“真”(True),用 0 表示逻辑“假”(False)。

(2) 逻辑运算

① 逻辑与运算(AND):又称为逻辑乘,可以用符号“ \cdot ”表示。当 A 和 B 均为“真”时, $A \cdot B$ 才为“真”;当 A 和 B 中至少有一个为“假”时, $A \cdot B$ 为“假”。

逻辑与运算规则: $1 \cdot 0 = 0 \cdot 1 = 0 \cdot 0 = 0, 1 \cdot 1 = 1$ 。

② 逻辑或运算(OR):又称为逻辑加,可以用符号“ $+$ ”表示,当 A 和 B 均为“假”时, $A + B$ 才为“假”;当 A 和 B 中至少有一个为“真”时, $A + B$ 为“真”。

逻辑或运算规则: $1 + 0 = 0 + 1 = 1 + 1 = 1, 0 + 0 = 0$ 。

③ 逻辑非运算(NOT):是对操作对象进行取反操作。

逻辑非运算规则: $\bar{0} = 1, \bar{1} = 0$ 。

可以用表 2.5 来表示逻辑运算规则。

表 2.5 逻辑运算表

A	B	与运算结果	或运算结果	对 A 进行非运算
0	0	0	0	1
0	1	0	1	1
1	0	0	1	0
1	1	1	1	0

例 2.6 已知两逻辑数: $A = 10101100, B = 01110110$,试计算 $A \cdot B$ 和 $A + B$ 。

解

$$\begin{array}{r} 10101100 \\ \cdot 01110110 \\ \hline 00100100 \end{array} \quad \begin{array}{r} 10101100 \\ + 01110110 \\ \hline 11111110 \end{array}$$

因此, $A \cdot B = 00100100$, $A + B = 11111110$ 。

当遇到逻辑运算的与、或、非混合运算时,除了括号认定的先后顺序外,逻辑运算的优先顺序为:逻辑非、逻辑与、逻辑或。

2.4.6 数字化信息编码

由于存储在计算机中的信息采用了各自不同的编码方案,计算机存储器中存储的虽然都是由“0”和“1”组成的信息,但是通过接口转换和设备驱动,计算机与外部交往仍采用人们可以接受的形式。

1. 信息存储单位

在计算机内部,各种信息都是以二进制编码形式存储。信息的单位常采用“位”、“字节”、“字”几种。

(1) 位(bit)

位是度量数据的最小单位,表示一位二进制信息。

(2) 字节(Byte)

一个字节由 8 位二进制数字组成(1 Byte = 8 bit)。字节是信息存储中最常用的基本单位。计算机的存储器(包括内存与外存)通常也是以多少字节来表示它的容量。常用的单位有 kB、MB、GB。

(3) 字(word)

字是位的组合,并作为一个独立的信息单位处理。它的长度取决于机器的类型、字长以及使用者的要求。常用的固定字长有 8 位、16 位、32 位、64 位等。

(4) 机器字长

机器字长一般是指参加运算的寄存器所含有的二进制数的位数,它代表了机器的数据宽度和精度。机器的功能设计决定了机器的字长,字长的长短直接影响计算机的功能强弱、精度高低和速度的快慢。一般大型机用于数值计算,为保证足够的精度,需要较长的字长。不同类的计算机系统字长不同。目前,Intel Pentium 系列的微型计算机均为 64 位机,随着芯片制造技术的不断进步,各类计算机的字长都有加长的趋势。

2. 非数值信息的表示

在计算机内部,非数值信息也是采用“0”和“1”两个符号来进行编码表示的。下面介绍中、西文字符的编码方案。

(1) ASCII 码

ASCII 码是“美国信息交换标准代码”的简称,是目前国际上最为流行的字符信息编码方案。ASCII 码包括 0~9 十个数字,大小写英文字母及专用符号等 95 种可打印字符,还有 33 种控制字符(如回车、换行等)。1 个字符的 ASCII 码通常占 1 个字节,由 7 位二进制数编码组成,字节的最高位一般规定为 0,或者用作校验码。所以 ASCII 码最多可表示 128 个不同的符号。

例如,数字 0~9 用 ASCII 编码表示为 30H~39H。30H 转化成二进制为 0110000,这就是机器内数字 0 的 ASCII 码表示。

又如,大写英文字母 A~Z 的 ASCII 编码为 41H~5AH。

所有 ASCII 字符编码都可以通过查表得到。表 2.6 是 ASCII 码的列表,表内有 33 种控制

码,位于表的左首两列和右下角位置上,主要用于打印或显示时的格式控制、对外部设备的操作控制以及数据通信时进行传输控制等用途。其余 95 个字符为可打印或可显示字符。

表 2.6 ASCII 码表

	000	001	010	011	100	101	110	111
0000	NUL	DLE	SP	0	@	P	,	p
0001	SOM	DC	!	1	A	Q	a	q
0010	STX	DC	"	2	B	R	b	r
0011	ETX	DC	#	3	C	S	c	s
0100	EOT	DC	\$	4	D	T	d	t
0101	ENQ	NAK	%	5	E	U	e	u
0110	ACK	SYN	&	6	F	V	f	v
0111	BEL	ETB	,	7	G	W	g	w
1000	BS	CAN	(	8	H	X	h	x
1001	HT	EM	)	9	I	Y	i	y
1010	LF	SUB	*	:	J	Z	j	z
1011	VT	ESC	+	;	K	[	k	{
1100	FF	FS	,	<	L	\	l	|
1101	CR	GS	-	=	M	]	m	}
1110	SO	RS	.	>	N	↑	n	~
1111	SI	US	/	?	O	↓	o	DEL

表中的高位是指 ASCII 码二进制的前 3 位,低位是指 ASCII 码二进制的后 4 位,此处以十六进制数表示,由高位和低位合起来组成一个完整的 ASCII 码。例如,数字 0 的 ASCII 码可以这样查:高位是 3,低位是 0,合起来组成的 ASCII 码为 30(十六进制),转换成十进制数为 48。

(2) 二-十进制编码(BCD 码)

由于人们日常使用的是十进制,而机器内使用的是二进制,所以,需要把十进制数表示成二进制码。4 位二进制数表示 16 种状态,只取前 10 种状态来表示,从左到右每位二进制数的权分别为 8、4、2、1,因此又叫 8421 码。

BCD 码有 10 个不同的码:0000、0001、0010、0011、0100、0101、0110、0111、1000、1001,分别代表 0~9。它逢“十”进位,但它的每位是用 4 位二进制编码来表示的,因此,此称为二进制编码的十进制(Binary Coded Decimal)。

例如:(0110 0100 0101 1000, 0011 0111 1001)的 BCD 码等于十进制数 6458.379。

(3) 中文信息编码

汉字编码仍然只能采用二进制的数字化信息编码。汉字的数量大,常用的也有几千种之多,并且形状复杂。

目前的汉字编码方案有二字节、三字节甚至四字节的。下面主要介绍“国家标准信息交换汉字编码”(GB2312-80 标准),以下简称国标码。

国标码是二字节码,用两个 7 位二进制数编码表示一个汉字。其中两个字节的最高位均为 1,用来区分 ASCII 码和国标码。目前国标码收入 6 763 个汉字,其中一级汉字(特指常用)3 755 个,二级汉字 3 008 个,另外还包括 682 个西文字符、图符。

随着网络技术的发展,计算机的应用领域越来越广,GB2312 中的 6 763 个汉字明显地不够用了,为满足用字的需要,信息产业部和国家质量技术监督局在 2001 年 3 月 17 日联合发布了《信息技术信息交换用汉字编码字符集基本集的扩充》(GB18030-2000)。在补充标准中采用了单、双、四字节混合编码,收录了 27 000 多个汉字和藏、蒙、维吾尔等主要的少数民族文字,总的编码空间超过了 150 万个码位。新标准适用于图形字符信息的处理、交换、存储、传输、显示、输入和输出,并直接与 GB2312 信息处理交换码所对应的事实上的内码标准相兼容。所以,新标准与现在的绝大多数操作系统、中文平台兼容,能支持现有应用系统。GB18030 为国家强制性标准,从 2001 年 1 月 1 日开始,用户购买计算机时预装的操作系统所带的字库和输入法都应支持 GB18030 标准。新标准从根本上解决了计算机汉字用字问题,为中文信息在国际互联网上的传输与交换提供了保障,为中文信息处理以及计算机在中国的应用奠定了良好的基础。

中文系统在处理汉字时,首先接受用户输入的汉字的输入码(如拼音输入法、五笔输入法、区位码输入法等),然后根据输入码与内码的对照,将其转换成汉字内码;再由汉字内码与汉字字形码进行对照,依照汉字字形码进行输出。汉字内码是汉字国标码在计算机内部的编码表示。汉字字形码是汉字字形的字模数据,以点阵或矢量函数表示。

(4) 音频和视频信息的表示

多媒体计算机不仅要处理数值信息和字符型信息,还要处理声音和图像,即音频信息和视频信息。

在一般声像设备中,声音和图像信息通常都表示为模拟量。但计算机的 CPU 却只能处理数字量,即数字化的二进制数据。因此,无论音频信息或视频信息,在进入 CPU 以前都要先转换为二进制数据(模/数转换),才能交给 CPU 加工处理;反之,从 CPU 输出的声音/图像信息,也要先从二进制数据转换为音频/视频模拟信号(数/模转换),然后交给声像设备播放。这些输入输出过程中,信息的转换都是由声像设备的接口板完成的,即声频接口板(简称声卡)完成声频信息的转换,视频接口板(简称视频卡)完成视频信息的转换。当多媒体计算机运行时,上述转换对用户完全是透明的,不需要用户干预。

2.5 多媒体计算机

多媒体技术出现于 20 世纪 80 年代初。进入 20 世纪 90 年代以后,随着“信息高速公路”的兴起,Internet 的广泛使用,多媒体信息产业迅速发展。多媒体计算机技术是现代计算机的时代特征。

多媒体至今还没有一个权威的定义。多媒体的英文是 Multimedia。国际电联定义了 5 种媒体:感觉媒体、表示媒体、存储媒体、传输媒体、显示媒体。媒体在计算机领域中有两种含义:一种是指用以存储信息的实体,如磁带、磁盘、光盘等;另一种含义是指信息的载体,如文字、图形、图像、声音等。多媒体计算机技术中的“媒体”是指后者,它是应用计算机技术将各种媒体以数字化的方式集成在一起,从而使计算机具有表现、处理、存储多种媒体信息的

综合能力和交互能力。多媒体计算机技术是指利用计算机来综合、集成处理文字、声音、图像、视频、动画等媒体,从而形成一种全新的信息处理和传播的计算机技术,其基本特征是媒体表示的数字化、媒体处理的集成性和系统的交互性。多媒体系统的关键特性主要包括交互性、集成性、实时性 3 个方面。

多媒体计算机技术集成处理多种图、文、声、视信息,提供了方便使用计算机的途径,给用户提供了更多的参与和发挥自己创造力的环境。具有多媒体功能的计算机称为多媒体计算机,具有多媒体功能的计算机应用系统称为多媒体计算机系统。

多媒体计算机技术的应用领域正在不断拓宽,从文化、教育、电子图书、动画设计、音乐合成以及商业、家庭应用等领域,正在给人们的工作和生活带来日益显著的变化。利用多媒体技术和通信技术在多媒体领域协同工作,还可实现如视频会议、远程教育及远程合作等应用。

多媒体计算机发展的理想目标是能够直接接收声音、图形图像等信息,然后对它们进行识别、压缩、存储、播放。目前,由于受到硬件和软件技术的限制,多媒体计算机只能达到采集、压缩、存储、播放等功能,还不能对声音和图像进行很好的识别。

2.5.1 多媒体计算机平台标准

多媒体个人计算机(MPC, Multimedia PC)并不是一种全新的个人计算机,它是在现有的 PC 机基础上加上一些硬件及相应的软件,从而具有综合处理声音、图像、文字等信息的功能。

在交互式多媒体协会(IMA, Interactive Multimedia Association)兼容性计划的指导下,由 Microsoft、Philips、NEC 等 14 家著名厂商组成的多媒体市场协会,制定了 MPC 平台标准。

MPC 平台标准的特点是兼容性、个人化或家庭化。它与开发者、销售商和用户有密切关系,对计算机应用开发者来说,它是开发先进的多媒体应用系统的标准;对销售商来说,它是一个组织的标志,该组织的宗旨是尽可能使 PC 机的用户拥有多媒体功能;对用户来说,它是建立能支持多媒体应用的 PC 机系统或是对已有的 PC 机系统升级为多媒体 PC 机系统的指南。

2.5.2 多媒体中的关键技术

多媒体中图形、声音、视频等媒体必须从传统的模拟信号转换为数字信号后,计算机才能识别和处理。转换之后,将会产生大量的数据,由此产生了要求数据存储容量特别大、数据传输速率特别高、计算机的处理能力特别强等一系列难题。特别是在与通信网络结合时,这些问题显得特别突出。解决这些问题成了多媒体技术普及应用的关键。

1. 大容量的存储技术

数字化媒体信息虽然经过压缩处理,但仍然包含了大量的数据。1 分钟的视频图像(30 帧/秒)经过压缩处理后约为 8.4 MB,需要大容量的存储设备。大容量只读光盘存储器 CD-ROM 的出现正好适应了这种需要。每张 5 英寸的 CD-ROM 可存储 650 MB 的数据。而且现在出现了小体积的硬盘和高密度、高容量的软盘,可以在较小的重量和体积范围内解决存储问题。

2. 数据压缩和解压缩技术

数字化的声音和图像包含大量的数据。例如,1分钟的声音信号约660 kB;1幅640×480的256色彩色图像所占的数据量约为300 kB,如果不经数据压缩,巨大的数据量对设备的存储容量提出了很高的要求,且影响数据的传输、运行和处理。所以,需要压缩系统对多媒体信息的存储、传输进行处理。这样,不但降低对存储容量的要求,而且降低了对通信带宽的要求。数据压缩技术是多媒体计算机技术的重要内容。

数据压缩包括两个过程:一个是数据编码,即对原始数据进行编码,以减少数据量;另一个是数据解码,把压缩的数据还原成为原始表示形式。解码后的数据与原始数据完全一致的编码方法称为无失真编码;解码后的数据与原始数据有一定的偏差或失真,但视觉效果基本相同的编码方法称为有失真编码。数据编码的方法有多种,各种不同的数据在压缩时有自己的数据压缩标准。

压缩和解压缩的过程可以由硬件实现,也可以由软件实现。随着计算机性能的提高,基本上都是采用软件实现的方式,以降低硬件投资。

3. 音频/视频专业处理芯片

快速的音频/视频数据的压缩和解压缩、音频处理、视频图像处理对多媒体计算机来说,音频、视频处理的专用芯片显得尤为重要。现在的超大规模集成电路的发展迅速,密度和速度都大大增加,使音频/视频专业处理芯片的处理速度大大提高。

2.5.3 多媒体计算机信息处理

多媒体计算机与电视机、录音机、录像机等家用电器的根本区别在于多媒体计算机具有信息集成、交互等特有的功能。多媒体技术在对各种媒体信息处理包括转换、集成、传输管理和控制。

转换可以分为信息采集和信息回放两个阶段。信息采集是将这些媒体信息转换成计算机能够识别的数字信号;而信息回放则是把计算机处理后的数字信息还原成人们所能接受的各种媒体信息,用于信息的再现。

集成是对各种类型的媒体信息进行组合。

管理和控制是在应用媒体信息过程中对各种媒体素材进行编辑、剪裁和重组等操作。

传输是将处理后的媒体信息以各种方式传递给其他用户。

1. 声音媒体的数字化

在计算机内,所有的信息均以数字(0/1)表示,声音信号也用一组数字表示,称之为数字音频。由于声音信号是模拟量,在时间上是连续的,而数字音频是数字量,在时间上是间断的,因此,声音信息的数字化过程是每隔一个时间间隔在模拟声音波形上取一个幅度值(称为采样,采样的时间间隔称为采样周期),并把采样得到的表示声音强弱的模拟电压用数字量表示(称为量化)。采样间隔越短(即采样频率越高),数字化音频的质量也就越高,声音质量越接近原始声音,而所需的存储量也越多。根据奈奎斯特采样定律,只要采样频率高于信号中最高频率的两倍,就可以从采样中完全恢复出原始信号波形。因为人耳所能听到的频率范围为20 Hz~20 kHz,所以在实际的采样过程中,为了达到高保真的效果,一般采用44.1 kHz作为高质量声音采样频率。这种对声音进行采样量化后得到的声音是数字化声音。

在多媒体计算机系统中,存储声音信息的文件格式主要有 WAV 文件、VOC 文件、MIDI 文件、RMI 文件等。

(1) WAV 文件。也称波形文件,它是 Microsoft 公司的音频文件格式,是 Microsoft 定义的用于 Windows 的波形声音文件格式,它来源于对声音模拟波形的采样,是最常用的数字化声音的文件格式。

(2) MIDI。是乐器数字接口(Musical Instrument Digital Interface)的缩写。它由世界上主要电子乐器制造厂商建立起来的一个通信标准,以规定计算机音乐程序、电子合成器和其他电子设备之间交换信息与控制信号的方法。

MIDI 文件是一种控制信息的集合体,包括对音符、定时和多达 16 个通道的乐器定义,同时还涉及键、通道号、持续时间、音量和力度等信息。MIDI 文件记录的不是乐曲本身,而是一些描述乐曲演奏过程中的指令,因此它占用的存储空间比 WAV 文件小很多。1 小时的立体声 16 位高品质音乐,如果用波形文件无压缩录制,约需 600 MB 的存储空间。而同样时间的 MIDI 数据大约只需 400 kB,两者相差 1 500 倍之多。MIDI 由于数据量小,所以可以在多媒体应用中与其他波形声音配合使用,形成伴乐的效果。

(3) RMI 文件是 Microsoft 公司的 MIDI 文件格式。

(4) MPEG-3(MP3)。MPEG-3 压缩较大,可以 10 倍于 CD 唱片的文件大小,这也是它最大的优点,使得它在互联网络、可视电话通信方面大显身手。当然,它在音质上是有损失的。

(5) Real Audio(RA)。RA 格式是网络传输的典范,具有强大的压缩量和极小的失真度。它与 MPEG-3 相似,其主要目标是压缩比,其次才是音质。

2. 视觉类媒体的数字化

视觉类媒体主要有图像(Image)、图形(Graphics)、视频(Video)、动画(Animation)、文本等。在多媒体范围内,图形是一种抽象化的图像。由于视觉停留效果,视频可以看作连续的图像,对视频按时间进行数字化得到的图像序列就构成了数字视频序列。用户可以利用相关工具软件,由计算机直接产生图形、图像和视频;也可以利用彩色扫描仪,输入图形和图像;还可以通过视频信号数字化仪,将彩色全电视信号数字化后,输入到多媒体计算机中,可获得图像和视频。

图形文件是用来保存图形的。图形文件一般来说可分为两大类:位图和矢量图。位图是由一点一点的像素组成的,位图图像是指在空间和亮度上已经离散化了的图像。像素是图形的最小组成单位。计算机屏幕所显示的图形是由排成方阵的像素点组成的,每一个像素点可以呈现不同的颜色点。通过对每个像素进行采样,并且按颜色或者灰度进行量化,得到图像的数字化结果。数字化结果存放在显示缓冲区,与显示器上的点一一对应。根据大量像素的排列可以达到显示图形的效果。

矢量图形文件则是用向量代表图中所表现的元素,用矢量说明图像微元的起止坐标。这样的图形不论把它放大多少倍,它依然清晰。

在图形图像处理中,图形图像文件常见的有 BMP、GIF 等。

(1) BMP(bitmap)。BMP 是一种与设备无关的图像文件格式,是 Windows 环境中经常采用的基本位图图像格式。在 Windows 环境中运行的图形图像处理软件以及许多应用软件都支持这种格式的文件,它已成为一种通用的图形图像存储格式。

(2) GIF(Graphics Interchange Format)。GIF 文件格式是由 Compu-Serve 公司在 1987 年 6 月为了指定彩色图像传输协议而开发的一种公用的图像文件格式标准,在网络通信中被广泛采用。

其他常见图形文件还有 JPG、WMF、DXF 等。

3. 视频文件格式

常见的视频文件有以下几种:

(1) AVI 文件。AVI(Audio-Video Interleaved, 音频-视频交错)文件是目前较为流行的视频文件格式,在 Video for Windows 等软件中都支持这种格式。它采用了 Interleave 公司的视频有损压缩技术将视频信息与音频信息交错混合地存储在同一个文件中,较好地解决了音频信息与视频信息的同步问题。

(2) DAT 文件。DAT 文件是 VCD 专用的视频文件格式,是一种基于 MPEG 压缩、解压缩技术的视频文件格式。如果计算机配备视霸卡或解压缩程序,即可播放该格式的文件。

(3) MPG 文件。MPG 文件是一种应用在计算机上的全屏幕运动视频标准文件。MPG 文件以 MPEG 压缩和解压缩技术为基础对全运动视频图像进行压缩,再配以具有 CD 音质的伴音信息。目前许多视频处理软件都能支持这种格式的视频文件。

习 题

1. 选择题

- (1) 就其工作原理而论,当代计算机都是基于科学家()提出的存储程序控制原理。
A. 巴尔基 B. 牛顿 C. 希尔 D. 冯·诺依曼
- (2) 微型计算机是由输入器、输出器、运算器、存储器和()组成。
A. 键盘 B. 显示器 C. CPU D. 控制器
- (3) 软磁盘属于微型计算机的()设备。
A. 主存储器 B. 输入器 C. 输出器 D. 辅助存储器
- (4) 连接计算机各部分的数据信息流以()为核心。
A. 键盘 B. 磁盘 C. 内存储器 D. 运算器
- (5) 存储器 ROM 的功能是()。
A. 可读可写数据 B. 可写数据 C. 只读数据 D. 不可读写数据
- (6) 存储器容量的最小单位是()。
A. 字长 B. 位 C. 字节 D. 字
- (7) 存储器存储容量单位中,1 kB 表示()。
A. 1 024 个字节 B. 1 024 位 C. 1 024 个字 D. 1 000 个字节
- (8) 格式化后的软盘上,有很多看不见的同心圆,这些同心圆称为()。
A. 扇区 B. 磁道 C. 磁柱 D. 磁圆
- (9) 微机主机内的总线是()。
A. 时间总线、地址总线和数据总线 B. 地址总线、数据总线和控制总线
C. 地址总线、数据总线和内部总线 D. 内部总线、时间总线和地址总线

- (10) 微机的外部设备与主机连接,必须通过()。
- A. 插头 B. 接头 C. 接口 D. 插口
- (11) 在计算机内部用来传递、存储、加工处理的数据采用()。
- A. 二进制码 B. 拼音码 C. 八进制码 D. 五笔字型码
- (12) 十进制数 45D 的二进制数表示形式为()。
- A. 101101H B. 110010B C. 101101B D. 110010O
- (13) 一个字节二进制数可表示的最大无符号十进制数为()。
- A. 256 B. 128 C. 255 D. 127
- (14) 二进制数 11011011B 表示为八进制数为()。
- A. 553O B. 3121O C. 333O D. 3123O
- (15) 下列各数中最大的是()。
- A. 110B B. 110O C. 110H D. 110D
- (16) 十进制数 269 变换为十六进制数为()。
- A. 10B B. 10H C. 10D D. 10E
- (17) 在微机中,应用最普遍的字符编码是()。
- A. BCD 码 B. ASCII 码 C. 汉字编码 D. 补码
- (18) 浮点数的精度取决于()的位数。
- A. 阶符 B. 尾数 C. 阶码 D. 数值
- (19) 64 位机的字长为()个二进制位。
- A. 32 B. 16 C. 8 D. 64
- (20) 人们常说 486 微机、586 微机,其中的数字指的是()。
- A. 硬盘的型号 B. 软盘的型号 C. 显示器的型号 D. 微处理器的型号
- (21) 一个完整的计算机系统通常应包括()。
- A. 系统软件和应用软件 B. 计算机及其外部设备
- C. 硬件系统和软件系统 D. 系统硬件和系统软件
- (22) 一个计算机系统的硬件一般是由哪几部分构成的?()
- A. CPU、键盘、鼠标和显示器
- B. 运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备
- C. 主机、显示器、打印机和电源
- D. 主机、显示器和键盘
- (23) CPU 是计算机硬件系统的核心,它是由()组成的。
- A. 运算器和存储器 B. 控制器和存储器
- C. 运算器和控制器 D. 加法器和乘法器
- (24) CPU 中的控制器的功能是()。
- A. 进行逻辑运算 B. 进行算术运算
- C. 控制运算的速度 D. 分析指令并发出相应的控制信号
- (25) 计算机的主机是由()部件组成的。
- A. 运算器和存储器 B. CPU 和内存
- C. CPU、存储器和显示器 D. CPU、软盘和硬盘

- (26) 计算机的存储系统通常包括()。
- A. 内存储器 and 外存储器 B. 软盘和硬盘
C. ROM 和 RAM D. 内存和硬盘
- (27) 计算机的内存储器简称内存,它是由()构成的。
- A. 随机存储器和软盘 B. 随机存储器和只读存储器
C. 只读存储器和控制器 D. 软盘和硬盘
- (28) 随机存储器简称为()。
- A. CMOS B. RAM C. XMS D. ROM
- (29) 将计算机外部信息传入计算机的设备是()。
- A. 输入设备 B. 输出设备 C. 软盘 D. 电源线
- (30) 系统软件包括()。
- A. 文件系统、WPS、DOS
B. 操作系统、语言处理系统、数据库管理系统
C. WPS、UNIX、DOS
D. 操作系统、数据库文件、文件系统

2. 简答题

- (1) 试简单叙述计算机采用二进制的原因。
- (2) 简单叙述计算机的基本组成、各部件的主要功能以及各部件之间的关系。
- (3) 衡量计算机的性能指标有哪些?
- (4) 简要叙述多媒体的含义。
- (5) 多媒体计算机的关键技术是什么?

3. 计算题

- (1) 将下列数值转化为二进制,并分别用原码、补码和反码表示。数据长度为 1 个字节。
- ① 0 ② 11 ③ -23 ④ -127
- (2) 已知 $A=11101010$, $B=10010101$, 试计算 A 与 B 的逻辑加和逻辑乘,并对运算结果进行逻辑反的运算。

第3章 计算机专业基础知识体系

尽管政府和工业部门早在20世纪40年代就开始使用计算机技术,但是科学界却比较缓慢地承认计算机科学的重要性。直到20世纪70年代末或80年代,大多数学院和大学才认识到计算机科学是一门独立的学习领域。但是许多人依然争论计算机科学是否同生物学和化学一样是一门学科。实际上,计算机科学与自然科学有很多共同之处,而且它又与其他领域紧密结合,例如数学和工程学。这种交叉学科的特性使得难以对计算机科学的领域进行分类。计算机科学,正如其名字所提到的那样,仅仅是关于计算机的研究吗?

尽管计算机是计算机科学的主要可见特征,但是把该领域描述为仅研究机器,这一看法是不准确的。范围更广的定义应该为,计算机科学是关于计算的研究。计算表示的不仅仅是机器的内容,它包含了需要解决的问题的所有方面,即包括了设计和分析算法,程序算法的形式化,以及用于执行这些程序的计算装置的发展。计算机科学领域也致力于更广泛的理论问题的研究,例如围绕算法的功能和局限性以及计算模型的研究等。应当注意,计算机科学与其他一些学科是相联系的,每个学科从细微的不同的观点研究计算。

3.1 计算机科学的学科基础知识

计算机学科最初是来源于数学学科和电子学学科,所以,数学和电子学知识是计算机学科重要的基础知识,包括“高等数学”、“线性代数”、“概率论与数理统计”、“离散数学”、“大学物理”、“电路分析基础”、“模拟电子技术”和“数字逻辑电路”等主要学科基础课程。这些基础知识不学好,是难以真正理解和掌握专业知识的。

3.1.1 数学知识

数学技巧和形式化的数学推理已在计算机学科领域中占有重要位置。计算机学科在基本的定义、公理、定理和证明技巧等很多方面都要依赖数学知识和数学方法。而且,数学提供了一门研究计算机学科相关思想的语言、一组用于分析与验证的特殊工具以及一个理解重要计算思想的理论框架。

1. 高等数学(Advanced Mathematics)

高等数学是高等院校最重要的基础课之一,也是计算机学科中最重要的基础课之一。它的教学内容通常包含一元函数微积分、多元函数微积分、空间解析几何与向量代数初步、微分方程初步、场论初步等。通过该课程的教学,不但使学生具备学习后续其他数学课程和专业课程所需要的基本数学知识,而且还使学生在数学的抽象性、逻辑性与严密性方面受到必要的训练和熏陶,使他们具有理解和运用逻辑关系、研究和领会抽象事物、认识和利用数

形规律的初步能力。因此,高等数学教学不仅关系到学生在整个大学期间甚至研究生期间的学习质量,而且还关系到学生的思维品质、思辨能力、创造潜能等科学和文化素养。高等数学教学既是科学的基础教育,又是文化基础教育,是素质教育的一个重要方面。

2. 线性代数 (Linearity Algebra)

线性代数是一门学科基础平台课程,是学生进行后继课程学习的重要基础课程,同时也是计算机学习的重要基础课程。本课程的教学目的是使初学者掌握线性代数的基本概念与理论、基本证题方法和基本解题技巧以及为本专业学生今后的学习打下牢固的基础。

主要讲授内容有:行列式、矩阵、线性方程组、向量组的线性相关性,相似矩阵及二次型、线性空间与线性变换。

课程教学的基本要求:通过运用课堂教学与讨论提高,辅导答疑与习题讲解等形式组织教学,使学生能够掌握线性代数的基本理论,运用线性代数的基本方法解决一般问题。

3. 概率论与数理统计 (Probability and Statistics)

概率论与数理统计是研究随机现象客观规律性的数学学科,是计算机专业的一门重要的基础理论课。通过本课程的教学,应使学生掌握概率论与数理统计的基本概念,了解它的基本理论和方法,从而使学生初步掌握处理随机事件的基本思想和方法,培养学生运用概率统计方法分析和解决实际问题的能力。

通过本课程的学习,要求能够理解随机事件、样本空间与随机变量的基本概念,掌握概率的运算公式,常见的各种随机变量(如 0-1 分布、二项分布、泊松(Poisson)分布、均匀分布、正态分布、指数分布等)的表述、性质、数字特征及其应用,一维随机变量函数的分布。理解数学期望、方差、协方差与相关系数的本质含义,掌握数学期望、方差、协方差与相关系数的性质,熟练运用各种计算公式。了解大数定律和中心极限定理的内容及应用,熟悉数据处理、数据分析、数据推断的一些基本方法,能用所掌握的方法具体解决所遇到的各种社会经济问题,为学生进一步学习计算机学科专业课打下坚实的基础。

本课程由概率论与数理统计两部分组成。概率论部分侧重于理论探讨,介绍概率论的基本概念,建立一系列定理和公式,寻求解决统计问题的方法。其中包括随机事件和概率、随机变量及其分布、随机变量的数字特征、大数定律和中心极限定理等内容;数理统计部分则是以概率论作为理论基础,研究如何对试验结果进行统计推断。包括数理统计的基本概念、参数统计、假设检验等。

4. 离散数学 (Discrete Mathematics)

离散数学是现代数学的一个重要分支,是计算机科学与技术的理论基础。如果说“高科技本质上是数学技术”,计算机科学与技术基本上是离散数学技术。所以离散数学又称为计算机数学,是计算机科学与技术专业的核心、骨干课程。

本课程结合计算机学科的特点,它所研究的对象是离散数量关系和离散结构数学结构模型。由于数字电子计算机是一个离散结构,它只能处理离散的或离散化了的数量关系,因此,无论计算机科学本身,还是与计算机科学及其应用密切相关的现代科学研究领域,都面临着如何对离散结构建立相应的数学模型;又如何将已用连续数量关系建立起来的数学模型离散化,从而可由计算机加以处理。

离散数学课程主要介绍离散数学的各个分支的基本概念、基本理论和基本方法。这些概念、理论以及方法大量地应用在数字电路、编译理论、数据结构、操作系统、数据库系统、算

法的分析与设计、人工智能、计算机网络等专业课程中;同时,该课程所提供的训练十分有益于学生概括抽象能力、逻辑思维能力、归纳构造能力的提高,十分有益于学生严谨、完整、规范的科学态度的培养。

3.1.2 物理学及电子学知识

物理学及电子学知识是深刻理解计算机硬件结构及其工作原理的重要基础。

1. 普通物理学(Common Physics)

以经典物理、近代物理的基础理论及其在科学技术中的初步应用为内容的大学物理课程是高等学校理、工、医科各专业学生一门重要的必修基础课,这些物理基础知识是构成科学素养的重要组成部分,更是一个科学工作者和工程技术人员所必备的。

大学物理课程在为学生较系统地打好必要的物理基础,培养学生现代的科学自然观、宇宙观和辩证唯物主义世界观,培养学生的探索、创新精神,培养学生的科学思维能力,掌握科学方法等方面,都具有其他课程不能替代的重要作用。

大学物理课程教学内容包括:力学、热学、电磁学、光学、相对论基础、初期量子论、量子力学基础等大学物理学核心知识和部分非核心知识。其教学目标是:通过大学物理课程的教学,使学生对物理学的基本概念、基本理论、基本方法能够有比较全面和系统的认识与正确的理解,为进一步学习打下坚实的基础。从而增强学生的创新能力,以及提高分析问题和解决问题的能力,努力实现知识、能力、素质的协调发展。

2. 电路分析基础(Fundamentals of Circuit Analysis)

电路分析是高等院校工科类专业的一门非常重要的技术基础课,通过对本课程的学习使学生掌握电路分析的基本理论,分析计算的基本方法和初步的实验技能,为学习后续课与专业课及进一步从事于电路理论研究工作打下基础,而且对发展学生科学思维、培养学生分析问题、解决问题的能力也具有十分重要的作用。

本课程的主要内容有:电路的基本概念与基本定律、电阻电路的等效变换、线性电路的基本分析方法、基本定理、含有理想运放的电路分析、正弦交流电路的稳态分析、含有互感的电路、三相电路、周期性非正弦电流电路、双口网络、一阶电路的时域分析、二阶电路的时域分析、拉普拉斯变换及其应用、非线性电阻电路等。

3. 模拟电子技术(Analogue Electronics)

本课程是电路分析课程后,电气类、自控类和电子类专业学生在电子技术方面入门性质的技术基础课,是电子技术基础的一个部分,其教学目的是使学生获得模拟电子技术方面的基本知识,基本理论和基本技能。本课程在介绍半导体器件的基础上,重点要求掌握放大器的6种基本单元电路、放大器中的负反馈、运算放大器及其应用、直流电源等低频电子线路电路的工作原理、分析方法和设计方法,学会应用EWB电路模拟器对电子线路进行直流、交流、瞬态的分析。使学生具有一定的实践技能和应用能力。培养学生分析和解决电子技术方面问题的能力和创新意识,为后续课程和深入学习这方面的内容打好基础。

4. 数字逻辑电路(Digital Logic Circuit)

数字逻辑电路是为普通高等院校电子信息类、自动化类以及其他相关专业在电子技术方面入门性质的技术基础课。通过本课程的学习,熟悉数字电路的基础理论知识,理解基本数字逻辑电路的工作原理,掌握数字逻辑电路的基本分析和设计方法,具有应用数字逻辑电

路知识,初步解决数字逻辑问题的能力,为以后学习计算机组成原理、微机原理、单片机原理等后续课程以及从事数字电子技术领域的工作打下扎实的基础。

本课程主要内容有逻辑代数基础、门电路、组合逻辑电路、触发器、时序逻辑电路分析与设计、脉冲波形的产生和整形、半导体存储器和可编程逻辑器件、数字系统设计、EDA 及硬件描述语言和数/模和模/数转换器。

3.2 计算机科学的学科专业知识

计算机学科的专业知识模块涉及的课程比较多,包括计算机导论、高级语言程序设计、数据结构、操作系统、数据库原理、软件工程、编译原理、计算机网络原理、计算机组成原理、计算机系统结构、微型计算机原理及接口技术、汇编语言程序设计、面向对象程序设计、人工智能、计算机图形学、多媒体技术、数据挖掘等。在后面的章节分别对核心专业课程作简要介绍,包括高级语言程序设计、数据结构、操作系统、数据库原理、软件工程、编译原理、面向对象程序设计、网络原理和应用。

3.2.1 学科基础知识

1. 计算机导论(Introduction to Computer Technology)

计算机导论是学习计算机专业知识的入门课程,是计算机科学与技术专业完整知识体系的绪论。其重要作用在于让学生了解计算机的发展历史、计算机专业的知识体系以及学习方法。本课程要求学生不仅会熟练地使用计算机,还要清楚计算机的工作原理、基本理论和完整的计算机专业知识体系。由于学时的限制,有关计算机的操作和常用的办公软件的学习是学生课外自学的内容,要求熟练使用 Windows 操作系统、Word、Excel 和 Powerpoint 办公软件。

2. 高级语言程序设计(Advanced Language Programming)

高级语言程序设计是计算机专业的重要基础专业课之一,是一门实践性较强的课程。程序设计是计算机领域的重要工作,通过本课程的学习,掌握程序设计的概念和方法,培养具有计算机高级语言的程序设计能力。

本课程以 C 语言的教学为主线,结合进行算法、数据结构、程序方法和软件工程等方面的基础内容的介绍,重在程序设计,进一步发展学生软件开发能力。

课程的主要目的是:使学生掌握程序设计的基本概念和基本原理,帮助学生建立起语言及程序设计逻辑的思维方式,掌握结构化的程序设计方法;通过大量的上机实习和编程训练,使学生熟练掌握 C 语言基本知识,熟悉常用的 C 开发环境,得到编程技能的训练,为之后提高软件开发能力和后续的专业课程的学习打下坚实的基础。

3. 面向对象程序设计(Object-oriented Programming)

面向对象程序设计是计算机科学与技术专业本科生的主要课程之一。面向对象软件开发方法是吸收了软件工程领域有益的概念和有效的方法而发展起来的一种软件开发方法。面向对象程序设计是具有革新意义的程序设计方法学,掌握这种方法可以降低软件的复杂性,改善其可重用性和可维护性,提高软件的生产效率。它集抽象性、封装性、继承性和多态性于一体,可以帮助人们开发出模块化、数据抽象程度高的,体现信息隐蔽、可复用、易修改、

易扩充等特性的程序。通过本课程的理论教学和实验教学,可以使学生理解和领会面向对象程序设计方法的特点和风格,掌握其方法和要领;了解和掌握 C++ 语言和面向对象的基本特征,包括类、对象、派生类、继承、多态性、虚函数、模板、流类库等。

3.2.2 学科核心知识

1. 数据结构(Data Structure)

数据结构是计算机专业的主干课程之一,是重要的专业基础课。本课程主要研究数据的结构、类型及相互联系,定义其规范的处理方法,既是一般程序设计(特别是非数值性程序设计)的基础,又是各种系统软件和应用软件设计的重要基础。通过本课程的理论教学和实验教学,使学生学会数据组织的方法和把现实世界的问题在计算机内部加以表示的方法,以及数据基本加工运算的方法。

2. 操作系统原理(Principle of Operating System)

操作系统原理是计算机科学与技术专业必修的一门专业基础课和主干课。操作系统是最重要的计算机系统软件,同时也是最活跃的学科之一,其发展极为迅速。操作系统对计算机系统资源实施管理,是所有其他软件与计算机硬件的唯一接口,所有用户在使用计算机时都要得到操作系统提供的服务。操作系统原理是计算机专业的核心课程。

本课程的教学目的是使学生掌握操作系统的基本概念、基本原理、设计方法和实现技术,具有初步分析实际操作系统的能力。同时,也要培养学生抽象思维和缜密概括的能力,使学生具有良好的开拓专业理论的素质和使用所学知识,分析和解决实际问题的能力,并培养学生整理归纳、综合分析和解决问题的能力。

3. 编译原理(Compiling Principles)

编译原理是计算机专业的重要专业课之一,是一门理论性和实践性较强的课程。主要介绍程序设计语言编译构造的基本原理和基本实现方法。本课程主要讲授形式语言、有限自动机、自上而下和自下而上的语法分析、LR 分析方法、属性文法和语法制导翻译、语义分析的代码产生、存储器的动态分配与管理、符号表的组织与管理、优化问题、代码生成等内容。通过本课程学习,使学生对编译的基本概念、原理和方法有完整的和清楚的理解,并能正确地、熟练地运用。

4. 数据库系统原理(Principles of Database System)

数据库系统原理系统讲述数据库系统的基础理论、基本技术和基本方法。内容包括:数据库系统的基本概念,数据模型,关系数据库及其标准语言 SQL,数据库安全性和完整性的概念和方法,关系规范化理论,数据库设计方法和步骤,数据库恢复和并发控制等事务管理基础知识,关系查询处理和查询优化等。通过本课程学习,使学生在掌握数据库系统基本概念的基础上,能熟练使用 SQL 语言在某一个数据库管理系统上进行数据库操作;掌握数据库设计方法和步骤,具有设计数据库模式以及开发数据库应用系统的基本能力。

5. 软件工程(Software Engineering)

软件工程是一门指导计算机软件系统开发和维护的工程学科,本课程包含的主要内容有软件的基本概念和软件工程的目标;常用的软件开发模型、传统的面向数据流的软件开发方法、面向对象的软件开发方法;软件测试的测试目标、测试策略、常用的测试方法;软件维护过程和软件过程管理。通过本课程的理论教学和实验教学,可使学生熟悉软件开发的过

程,掌握开发高质量软件的方法,能够有效地策划和管理软件开发活动,为今后从事软件开发奠定基础。

6. 计算机图形学 (Computer Graphics)

计算机图形学是计算机科学与技术专业的专业基础课,主要介绍计算机图形学的发展和应用,计算机图形设备和系统;国际标准化组织发布的图形标准和一个基于窗口系统的实用化图形程序库,基本图形生成算法;自由曲线和自由曲面,图形变换和裁剪,窗口系统,计算机图形学中常用的软件形成及人机交互技术;几何造型的理论、算法及系统;颜色、光照模型及真实图形显示技术,图像处理技术等。

7. 人工智能 (Artificial Intelligence)

人工智能是计算机科学与技术专业本科学生的一门选修课程,是研究计算机实现智能的原理以及如何建造智能计算机的学科,研究智能信息处理技术、开发具有智能特性的各类应用系统的核心技术。课程的设置旨在较为系统地向学生介绍人工智能的基本概念和方法,为学生在今后进行更高级课程的学习,将来在人工智能领域的进一步研究工作和软件实践,如智能信息分析和构建专家系统、智能决策支持系统等各类智能系统开发奠定良好的基础。

习 题

1. 作为计算机科学与技术专业的学生,应当掌握哪些基础知识?
2. 作为计算机科学与技术专业的学生,应当掌握哪些专业知识?

第 4 章 计算机专业基础知识

本章将介绍计算机科学与技术专业的专业基础知识,计算机学科中的一些重要概念和术语,包括高级语言程序设计、数据结构、离散数学、操作系统等课程中的概念、基本原理,这些概念和术语贯穿学科学习的始末,蕴涵着计算机学科的基本思想,对于这些概念的熟练掌握是认识这个学科的基本要求,也是成熟的计算机科学家和工程师的标志之一。

4.1 高级语言程序设计

1954 年,第一个与机器无关的高级语言——Fortran 诞生了。它是 IBM 公司倡导,并由美国人巴科斯(Backus)为首的一个委员会设计和开发的,于 1956 年在 IBM/704 上实现了编译程序。这是程序语言和程序自动化在实践上最重要的里程碑。

高级语言出现后,使用计算机的人们不必深入了解计算机的内部结构和工作原理,也不必再去记忆枯燥的指令,只需对计算机的“外特性”稍有了解,就可以指挥计算机工作。从而使广大的计算机用户从计算机本身诸多具体特性的学习中解脱出来,集中精力去研究、设计算法。由于高级语言已不再是“面向机器”的语言,它消除了推广和普及计算机应用的障碍,使广大非计算机专业的人员很容易地进入计算机应用领域。因此,高级语言的出现被公认为计算机发展史上“惊人的成就”。

据《计算机科学与工程大全》的资料记载,从 Fortran 问世至今 40 多年,陆续出现了这类与机器型号关系很小的,为不同对象服务的高级语言 1 000 多种,其中一半以上只是一些方案或设想,约有 500 种则是在机器上实现通过的。它们如同令人目不暇接的繁花,在计算机科学领域竞相开放。其中具有重要意义、影响较大的有几十种。表 4.1 是使用较为广泛的几种高级语言。

表 4.1 较常见的高级语言

Basic	会话式语言,适用于数据处理,非实时控制等。规模小,易学习。
Fortran	适用于科学计算的语言。
Cobol	面向商业数据处理的语言。
Pascal	适用于科研和教学。
C	具有高级数据结构和控制结构,亦可调用底层功能的通用语言。
Lisp	符号处理语言。
Prolog	适用于人工智能的专家系统的逻辑性语言。
Ada	分布式系统控制语言,或多功能军用语言。
C++	扩展的 C 语言,具有了面向对象的特性。
Java	纯面向对象语言。

每种高级语言都具有其自身的特点及特殊的用途,但它们的语法成分、层次结构却是相似的,即它们具有一定的共性。首先,各种高级语言都是由“基本元素—表达式—句子”组成;其次,各种高级语言都同自然语言一样,也是从基本符号的字符开始,组成字、词和句子,然后再组成程序,供计算机使用。

高级语言总体来说分为两类:面向过程的语言和面向对象的语言。前者在编程时程序员要告诉计算机如何才能完成算法,而实际上很多软件用到的算法和数据结构是相似或相同的。为了最大限度地利用资源,人们想到把一些算法或数据结构“封装”起来,在编程中直接调用,这就是面向对象思想的基础。面向对象语言正在蓬勃发展,在未来的一段时间内,面向对象语言将获得更大的发展。

4.1.1 算法

程序设计的目的就是要让计算机帮助人们完成一项工作,为了达到这一目的,程序员就要编写指挥计算机的语言序列——程序。对稍复杂一些的问题,要直接写出能解决该问题的计算机程序是困难的。为此,人们把程序设计的任务分成两步来完成:第一步,不使用程序设计语言而使用一种较简单明了的表达方式设计出解决给定问题的算法;第二步,根据设计好的算法使用某种程序设计语言编写对应于该算法的程序。第二步的工作要比第一步的容易得多。因此,算法设计是使用计算机解决问题过程中一个极为重要的环节,在此先介绍一下算法的概念。

1. 算法的概念

算法是一组(有限个)规则,它提供了解决某个特定问题的运算序列。通俗地讲,算法是解决某个特定问题的方法和步骤的精确描述。所谓“精确描述”指对一个问题求解算法的描述,应该使算法的“执行者”能够根据算法逐步地完成该问题的求解工作。

程序和算法是怎样一种关系呢?从形式上看,程序是用某种语言表示的,而算法一般是用伪码(介于自然语言和程序设计语言之间的一种语言)或图形表示的;从功能上看,程序将原始数据加工成所需的结果,或者完成某个特定任务,而算法则描述了对于给定数据的加工方法,或者某个特定任务是怎样完成的。程序是外表,算法才是灵魂。有人这样给出程序和算法的关系:

$$\text{程序} = \text{数据结构} + \text{算法}$$

可见,程序设计包括数据安排即构造数据结构和设计算法两项工作。其中算法设计的任务就是对一个具体问题设计出可行的解决方法 and 操作步骤。

由于现代计算机的“智力”还不太发达,对于一个问题,计算机解决的方法和人解决的方法可能会大相径庭。有时对于人非常简单的问题,要给出计算机求解算法却是很困难的。反之,有些对于计算机非常简单的问题,要让人去解决算法可能很难。

2. 算法的特性

粗略地说,解决问题的步骤序列就是算法。算法的使用并不局限于计算机领域,在日常生活中,做任何事情也都有它的算法。例如,烹调书中“巧克力夹心饼干”的制作方法就是一个算法,它告诉人们烘烤巧克力夹心饼干的原料与操作步骤。一旦设计了解决问题的步骤并用算法表示出来,任何人只要遵循算法步骤都可以求解一特定的问题。当然,我们关心的是用于计算机解决问题的算法,一般它们要复杂得多。

那么,任何一个能够解决问题的算法都必须具备以下 5 个特性:

(1) 可执行性

算法中的每一个步骤都是可执行的。显然,这是一个正确算法必须具备的性质。例如,若在解决某问题的步骤序列中有一步:“到商店去替我买支铅笔。”这个步骤计算机是无法执行的。这一解决问题的步骤序列不是算法。

(2) 确定性

算法中的每一个步骤,必须是明确定义的,不得有任何歧义性(不确定性)。例如,步骤“用 16 与 2 进行算术运算”是一个有歧义的步骤,而步骤“计算 16 与 2 的和”则是具有确定性的步骤。如果一个解题的步骤序列中有的步骤是不明确的,那么使用这样的解题步骤序列就不能保证获得问题的准确答案。自然,这样的解题步骤序列不能称为算法。

(3) 有穷性

一个算法必须在执行有穷步之后结束。如果一个解题步骤序列永远不能结束,则永远得不到问题的解答。因此,有始无终的解题步骤序列绝不是算法。

(4) 有输入信息的说明

有的算法可以没有输入信息,然而绝大多数算法都具有输入信息。一个正确的算法要输出成品,若不对加工对象提出要求,自然难以得到合格的成品。

(5) 有输出信息的步骤

既然算法是用来解决给定的问题的,那么一个正确的算法必须将人们所关心的问题答案输出来。因此,一个算法应当至少有一个输出问题答案的步骤。

3. 算法举例

本节举一个典型的例子来说明在程序设计中如何设计具体算法,希望读者能够举一反三,灵活地对要解决的问题设计出最佳算法。

例 4.1 查找一屋子人中年龄最大者。

算法一:

S1:让所有人沿着一面墙排成一列。

S2:让第一个人说出他的姓名和生日,然后在纸上记录下他的上述信息。

S3:依次对每一个人:

a:询问他的姓名和生日;

b:如果这个人的生日比纸上记录的日期要早,删除旧的信息,并记下这个人的姓名和生日。

S4:当达到队列末端时,年龄最大者的姓名和生日就记录在纸上了。

该算法简单且易于理解,它适合于任何一组人。因为询问了每一个人的生日,问遍了整个队列。当达到年龄最大者时他的生日比纸上记录得要早,并且一旦记录下年龄最大者的信息,就找不到更老的人,其姓名和日期将继续停留在纸上。

算法二:

S1:让所有人沿着一面墙排成一列。

S2:只要队列多于一人,重复进行:

a:让队列中的人两两配对,如果队列中的人为奇数,则最后一个人单独为一组;

b:询问每一对,比较他们的生日;

c:让每对中年龄小者离开队列。

S3:当队列中只剩下一个人的时候,这个人就是年龄最大者。

算法二比算法一稍微复杂一些,但最终结果一样,即都定位到了房间中年龄最大者。算法二中,第一轮每一对分别比较他们的生日,两人中年幼者相继离开队列。因此,队列中的人数减半。剩下的这些年长者重复这个比较过程,每一轮过后,队列中的人数减半。最终,队列中的人数减至一人。显然,剩下的最后一人就是年龄最大者。

大多数问题都可以有许多不同的解法,一旦为同一任务建立了多个可供选择的算法,就有必要决定哪个算法更简单、更高效,或者能够更好地解决特定问题。这取决于你感兴趣的特征。如果你不关心求解问题所花的时间,而是关心答案的正确性,那么你会选择最简单最容易理解的算法。然而,如果你关心求解问题所花的时间或付出的努力,那么在作出决定之前就应更好更仔细地分析各个可供选择的算法。

4. 算法的描述工具

为了准确地描述算法,需要采用适当的描述工具,就像用五线谱来记录音乐、用图表来说明股市行情一样。讲算法描述方法前,先看一下 3 种程序控制的基本结构。

(1) 3 种基本结构

1966 年,Bohra 和 Jacopini 提出了以下 3 种程序控制基本结构,用这 3 种基本结构作为表示一个良好算法的基本单元。

① 顺序结构

顺序结构就是各个步骤按列出的先后顺序执行。虚线框内是一个顺序结构。其中 A 和 B 两个框是顺序执行的,即在执行完 A 框所指定的操作后,必然接着执行 B 框所指定的操作。顺序结构是最简单的一种基本结构。结构流程图如图 4.1 所示。

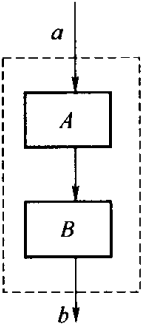


图 4.1 顺序结构

② 选择结构

又称分支结构,如图 4.2(a)和图 4.2(b)所示。虚线框内是一个选择结构。此结构中必然包含一个判断框。根据给定的条件 p 是否成立而选择执行 A 框或 B 框。例如, p 条件可以是“ $x \geq 0$ ”、“ $x > y$ ”或“ $a + b < c + d$ ”等。请注意,无论 p 条件是否成立,只能执行 A 框或 B 框之一,不可能既执行 A 框又执行 B 框。无论走哪一条路径,在执行完 A 或 B 之后,都经过 b 点,然后离开本选择结构。A 或 B 框中可以有一个是空的,即不执行任何操作,如图 4.2(b)所示。

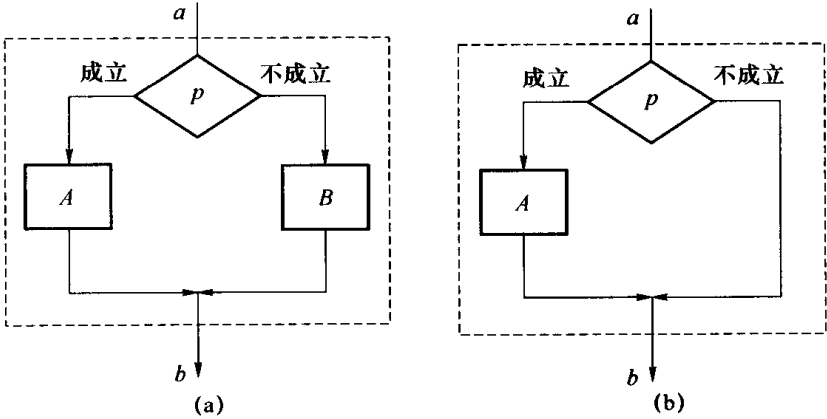


图 4.2 选择结构

③ 循环结构

指反复执行某一部分操作。循环结构可以使得用户只需要编写少量的语句,让计算机重复执行它多次,从而完成大量类同的计算要求。

循环结构可细分为两类循环结构:

一类是当型(WHILE 型)循环结构,如图 4.3(a)所示。先对 $p1$ 表示的循环控制条件进行判断,若条件成立,执行 A 框操作,A 执行完毕后,再判断条件 $p1$ 是否成立,如果仍然成立,再执行 A 框,如此反复执行 A 框,直到某一次 $p1$ 条件不成立为止,此时不执行 A 框,而从 b 点离开循环结构。可见,当型循环的特点是:先判断条件,后执行语句。也就是说,当型循环总是在循环的头部检测循环条件,这意味着,当型循环可能什么也不执行,即循环执行 0 次。

另一类是直到型(UNTIL 型)循环结构,如图 4.3(b)所示。它的功能是先执行 A 框,然后对 $p2$ 表示的循环控制条件进行判断,若条件 $p2$ 不成立,再返回入口继续执行 A,然后再对 $p2$ 条件作判断,如果 $p2$ 条件仍然不成立,继续执行 A,如此反复执行 A,直到给定的 $p2$ 条件成立为止,此时不再执行 A,从 b 点离开本循环结构。

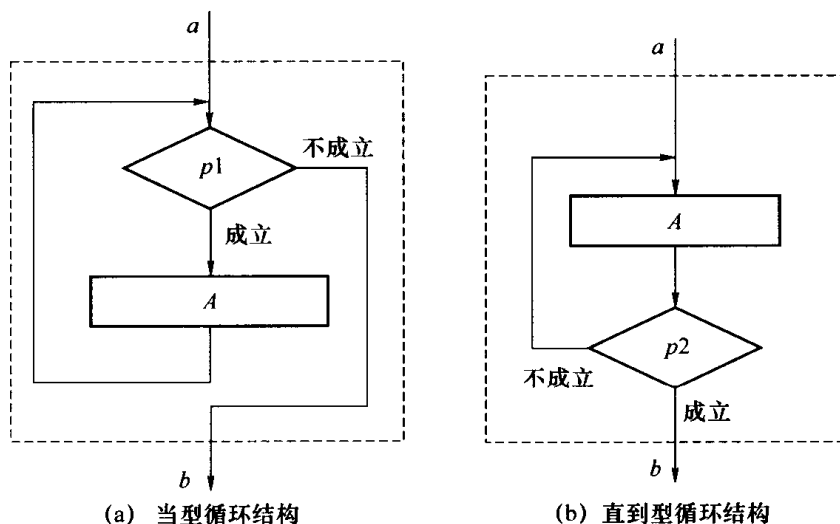


图 4.3 循环结构

直到型循环与当型循环的不同在于,直到型循环是在循环的尾部检测循环条件,而不是在头部,也就是说,直到型循环至少执行一次,当型循环有可能一次都不执行。

(2) 算法的描述方法

描述一个算法可以使用多种方法。常用的有自然语言、流程图、N-S 图、PAD 图、伪代码和计算机语言等。

① 自然语言描述算法

自然语言可以是中文或英文,如例 4.1 问题的描述。用自然语言表示算法通俗易懂,但文字冗长,且由于自然语言语义不严格,往往会出现算法表示的“歧义性”。因此,除了很简单的问题以外,一般不用自然语言描述算法。

② 流程图描述算法

流程图是用一些图形元素来表示算法或程序中的各种操作,是一种历史最悠久、使用

最广泛的描述算法工具。美国国家标准化协会(ANSI, American National Standard Institute)规定了一些常用的流程图符号,如图 4.4 所示。这些符号已为世界各国程序人员普遍采用。

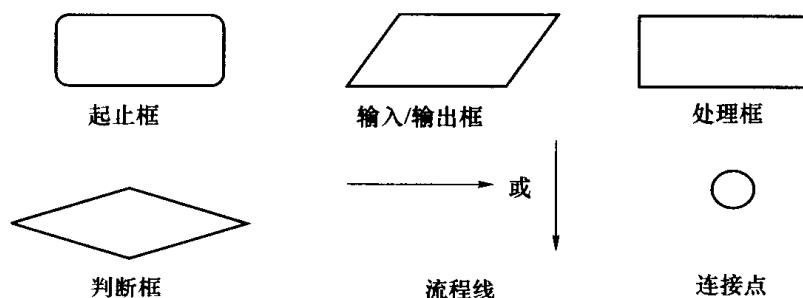


图 4.4 流程图基本符号

其中,菱形框的作用是对一个给定的条件进行判断,根据给定的条件是否成立来决定如何执行其后的操作。它有一个入口,两个出口。连接点是用于将画在不同地方的流程线连接起来。连接点可以避免流程线的交叉或过长,使流程图清晰。

例 4.2 分别用自然语言和流程图来描述下述问题:判断一个大于或等于 3 的正整数是不是一个素数的算法。

所谓素数,是指除和该数本身之外,不能被其他任何整数整除的数。因此,判断一个数 $n(n>3)$ 是否为素数的方法很简单:将 n 为被除数,将 2 到 $n-1$ 各个整数作为除数,如果都不能被整除,则为素数。用符号 i 记录各个整数。

算法一:用自然语言描述

步骤 1:输入 n 的值;

步骤 2: $i=2$;

步骤 3: n 被 i 除,得余数 r ;

步骤 4:如果 $r=0$,表示 n 能被 i 整除,得出“不是素数”,算法结束。否则执行步骤 5;

步骤 5: i 自增 1;即 $i+1 \rightarrow i$;

步骤 6:如果 $i \leq n-1$,返回步骤 3;否则得出“ n 是素数”,算法结束。

算法二:用流程图描述(如图 4.5 所示)

③ N-S 图描述算法

1973 年,美国学者 I. Nassi 和 B. Shneiderman 提出了一种新的流程图形式。在这种流程图中,完全去掉了带箭头的流程线,全部算法写在一个矩形框内,在该框内还可以包含其他的从属于它的框,或者说,用嵌套的方框表示执行流向。这种流程图又称 N-S 图,适合于结构化程序设计,因而很受欢迎。

N-S 图使用以下的图符号:

- 顺序结构,如图 4.6 所示。A 和 B 两个框组成一个顺序结构。
- 选择结构,如图 4.7 所示。当条件 p 成立时执行 A 操作,条件 p 不成立则执行 B 操作。请注意,图 4.7 是一个整体,代表一个基本结构。
- 循环结构。当型循环结构如图 4.8(a)所示,当条件 $p1$ 成立时,反复执行 A 操作,直

到条件 $p1$ 不成立为止；直到型循环结构如图 4.8(b)所示。

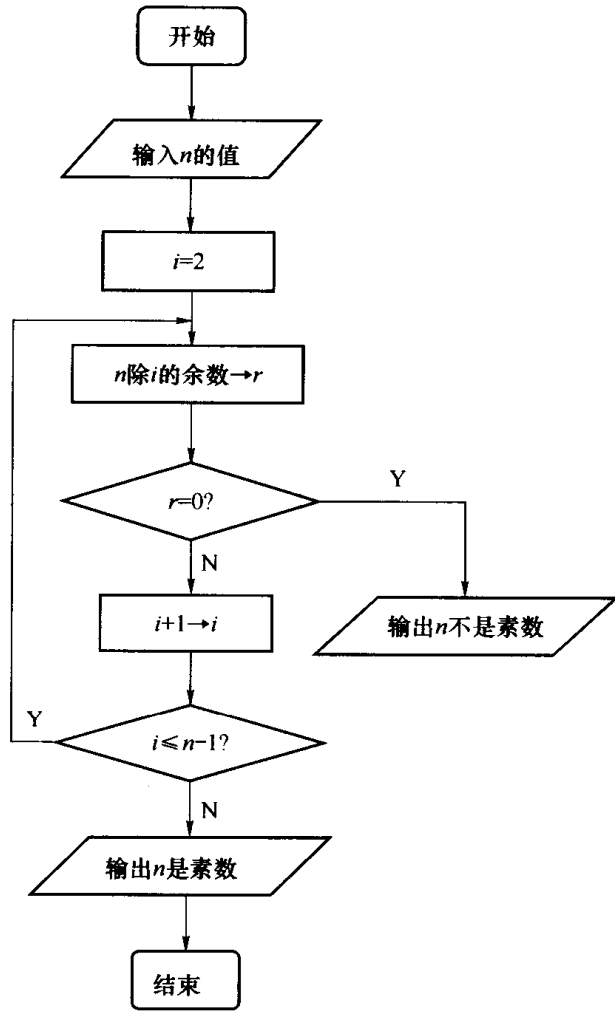


图 4.5 判断素数流程图算法

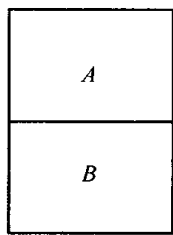


图 4.6 顺序结构

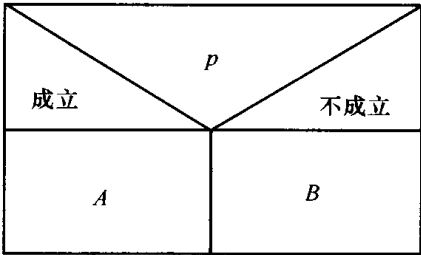
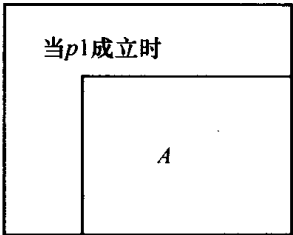
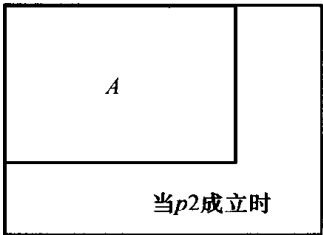


图 4.7 分支结构



(a) 当型循环结构



(b) 直到型循环结构

图 4.8 循环结构

以上 3 种 N-S 流程图中的基本框,可以嵌套组成复杂的 N-S 流程图。应当说明,在上述所有图中的 A 框或 B 框,都可以是一个简单的操作,也可以是 3 个基本结构嵌套的。例如,图 4.7 所示分支结构,其中的 A 框可以又是一个分支结构,B 框可以又是一个循环结构等等。

例 4.3 将 120 名学生中成绩不及格的学生的学号和成绩打印出来。

分析:用 n 表示学生学号, n_1 代表第一个学生学号。 n_i 代表第 i 个学生学号。用 g 代表学生成绩, g_i 代表第 i 个学生成绩。

算法一:用自然语言描述

步骤 1: $1 \rightarrow i$;

步骤 2: 如果 $g_i < 60$, 则打印 n_i 和 g_i , 否则不打印;

步骤 3: $i+1 \rightarrow i$;

步骤 4: 如果 $i \leq 120$, 则返回步骤 2, 继续执行; 否则, 算法结束。

符号 i 作为变量。用它来控制第几个学生、第几个成绩。当 i 超过 120 时, 表示已对 120 个学生的成绩处理完毕, 算法结束。

算法二: 用 N-S 图描述算法

如图 4.9 所示。

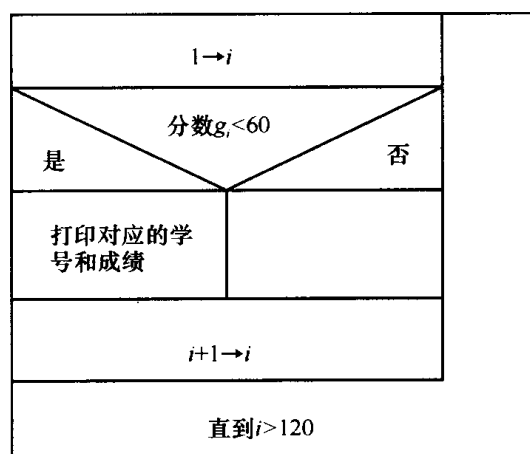


图 4.9 N-S 图描述算法

当然,该题也可以用直到型循环结构描述,请自己给出直到型循环的算法描述。

通过以上的例子可以看出用 N-S 图表示算法的优势。它比文字描述直观、形象、易于理解;比传统流程图紧凑易画,尤其是它废除了流程线,整个算法结构是由各个基本结构按顺序组成的,N-S 流程图中的上下顺序就是执行时的顺序,即图中位置在上面的先执行,位置在下面的后执行。写算法和看算法只需从上到下进行就可以了,十分方便。用 N-S 图表示的算法都是结构化的算法。N-S 流程图如同一个多层的盒子,因此又称盒图(box diagram)。

④ 伪代码描述算法

一般来说,伪代码是一种“混杂”语言,伪代码使用介于自然语言(不包含二义性)和计算机语言之间的文字和符号来描述算法。如同一篇文章,自上而下地写下来,每一行或几行表示一个基本操作。它不用图形符号,因此书写方便,格式紧凑,也比较易懂,便于向计算机程序过渡。

例 4.4 有 120 个学生,将其中成绩不及格的学生的学号和成绩打印出来。用伪代码描述算法。

```
BEGIN
i→1;
WHILE i≤120
    { IF gi<60 THEN 打印出学号及其成绩;
      ELSE 不打印;
      i+1→i; }
END
```

从上例可以看出:用伪代码书写格式比较自由,可以随手写下去,容易表达出设计者的思想;同时,用伪代码写的算法很容易修改,例如加一行、删一行或将后面某一部分调到前面某一位置,都是很容易做到的,而这却是用流程图表示算法时所不便处理的。用伪代码很容易写出结构化的算法,例如上面几个例子都是结构化的算法。但是,用伪代码写算法不如流程图直观,可能会出现逻辑上的错误,例如循环或选择结构的范围搞错等。

4.1.2 程序设计基础

要让计算机帮助人完成某项工作,必须事先编制指挥计算机工作的程序,这项工作成为程序设计。有了正确的程序,计算机才能有条不紊地完成预期的功能。要设计一个能够指挥计算机工作的程序,设计者自己必须要知道完成该项任务的具体方法和步骤即算法。要将解决问题的算法转化为计算机程序,还必须对程序、程序设计、程序设计语言以及相关知识和技术有所了解。

1. 程序和程序设计

为了解决某个实际问题而编排的指令序列称之为程序。程序运行时,计算机将严格按照程序中各个指令所指定的动作进行操作,从而完成预定的任务。例如,要让计算机计算 m 和 n 两个数的平均值,必须发出如下指令序列,即程序:

输入数 m 和 n

计算 $s=m+n$

计算 $a=s/2$

打印输出 a

计算机执行上述指令,就完成了计算 m 和 n 两个数的平均值的任务。编制能让计算机完成某项工作要执行的指令序列的工作称为程序设计。

2. 程序设计的过程

程序设计主要包括问题分析、算法设计、编码实现和调试等步骤。

(1) 问题分析

问题分析是程序设计的第一步。在进行程序设计之前,必须要对将要解决的问题进行深入分析,弄清楚程序应该完成哪些功能? 有哪些输入数据? 要输出哪些信息等。比如“求一个班级 30 个学生的最高英语成绩”问题,要完成的功能是“求 30 个学生的最高英语成绩”,需要输入 30 个学生的成绩,输出的是最高成绩即 30 个数中的最大数。

(2) 算法设计

弄清楚程序应该“做什么”之后,就需要考虑“怎么做”了。这时需要寻求解决问题的方法,如果该问题有多种解法,还应该对各种解法进行分析比较,从中选择一个比较好的解法。又如“查找给定的值 x 在一批数据中的位置,即是第几个元素”问题,根据情况可以采用顺序查找方法或二分查找方法。顺序查找即将所有数据逐个与给定的值 x 比较,以确定位置。若这一批数据本来是升序排列好的或降序排列好的,我们可以用二分查找方法,以减少比较的个数,提高效率。二分查找法的基本思想:逐步缩小搜索范围,每次以搜索范围的中间点作为考察对象,看是不是要查找的元素,若是,则已找到并记下位置,否则缩小范围继续找,直到找到或范围已经缩小到 0 为止。

(3) 编码实现和调试

编码实现就是将用流程图或其他算法描述工具描述的算法转换成某种程序设计语言表示的程序。如上述“计算 m 和 n 两个数的平均值”的问题,将前面用自然语言描述的该问题的算法,用 C++ 语言实现,则程序代码为:

```
#include <iostream.h>
void main( )
{float m,n,s,a;
cin>>m>>n;
s = m + n;
a = s/2;
cout<<<"a = "<<<a<<<end;
}
```

一般说来,程序设计过程不会一蹴而就,上述 3 个步骤往往需要反复多次,若编码出错了,那么需要返回编码阶段进行修改;若算法有错则返回最开始的问题分析处,重新分析、重新设计算法。

3. 常用程序设计语言简介

程序设计语言是人和计算机交互的基本工具,是编写计算机程序的语言。程序设计语言经历了从机器语言、汇编语言到高级语言这样一个发展过程。机器语言和汇编语言是面向机器的,依赖于计算机硬件,用机器语言和汇编语言编写的程序的可读性和可移植性差;高级语言是面向问题、面向对象的语言,高级语言的表达方式接近于被描述的问题,又由于接近于自然语言和数学语言,从而易于为人们接受掌握和书写。其显著特点是独立于计算机硬件,通用性和可移植性好。

(1) BASIC

BASIC 语言是早期的程序语言,它的代码表述简单易读,而且几乎支持所有的操作系统。至今仍是最简单易学、最受欢迎的程序语言。Visual Basic 是由微软公司开发的包含协助开发环境的事件驱动编程语言,由于 Visual Basic 保持了 BASIC 语言易学易用的特点,常常被初学者当成学习程序设计的入门语言,而且专业开发人员也可以用它开发出功能较复杂的软件。

(2) C 语言

C 语言是目前世界上最流行、使用非常广泛的高级程序设计语言。对于像操作系统开

发等类似的需要对硬件进行操作的场合,用 C 语言编写明显优于其他高级语言,许多大型应用软件都是用 C 语言编写的。C 语言的缺点主要是表现在数据的封装性上,这一点使得 C 语言在数据的安全性上有很大的缺陷。又由于现在软件项目开发常用面向对象的语言, C 语言的使用范围也越来越小,但在一些特定领域,如在单片机等需要谨慎利用空间、直接操作硬件的地方, C 语言仍然是很好的选择。

C++一开始是作为 C 语言的增强版出现的,即从给 C 语言增加类开始,不断地增加新特性,如虚函数、运算符重载、多重继承等面向对象机制而形成的一种程序设计语言。但是 C++并不单纯是一个 C 语言的扩展版本。C++和 C 语言之间有着根本的区别,这就是面向对象程序设计思想和结构化程序设计思想之间的区别。C++支持几乎全部的面向对象机制,而 C 语言则是一种标准的结构化程序设计语言。现在 C++已经成为软件开发的主流语言,如 Visual C++语言。

(3) Java

Java 是目前 Internet 中最受欢迎、最有影响的编程语言之一,Java 非常适合于企业网络和 Internet 环境,可以说是一种为网络发展而出的计算机语言。Java 有许多值得称道的优点,如面向对象、跨平台、简单、安全、高性能、多线程、动态性等。

Java 是一种简化的 C++语言,但比 C++语言更安全,因此,学过 C++的人很容易学会 Java。

(4) Ada

Ada 是现有的语言中无与伦比的一种大型通用程序设计语言,它是美国国防部为克服软件开发危机,耗费巨资,历时近 20 年研制成功的。它被誉为第四代计算机语言的成功代表,集中反映了程序语言研究的成果。与其他流行的程序设计语言不同,它不仅体现了许多现代软件的开发原理,而且将这些原理付诸实现。因此,Ada 语言的使用可大大改善软件系统的清晰性、可靠性、有效性、可维护性。

Ada 语言特别适合大型、复杂、可靠性要求高的各种应用系统。是美国国防部指定的唯一的一种可用于军用系统开发的语言,我国军方也将 Ada 语言作为军内开发标准。

但是,因为大部分程序员还无法接受 Ada 的一些设计思想,如程序运行时发现的很多错误可以由编译器检测,而不是程序员用调试器去寻找和修正错误,再加上早期一些名人的反对,如 Tony Hoare 在他的图灵奖的演讲中将 Ada 批评了一顿,导致了 Ada 语言目前不是很流行。

4.1.3 程序设计方法

20 世纪 70 年代,结构化程序设计方法日趋成熟并得到了广泛的应用。结构化程序设计方法引入了工程思想和结构化思想,大型软件的开发得到了极大的改善。但是随着用户需求功能的增多,软件变得越来越庞大、复杂,程序的维护、修改成为整个软件开发过程中非常复杂的工作,结构化程序设计方法受到了严峻考验。于是面向对象技术开始浮出水面。

1. 结构化程序设计

结构化程序设计的原理思想是由 E. W. Dijkstra 等人于 20 世纪 60 年代后期提出的。它采用自顶向下逐步求精的设计方法和单入口、单出口的控制结构。

(1) 结构化程序设计的基本原理

结构化程序的概念首先是从以往编程过程中无限制地使用转移语句而提出的。转移语

句可以使程序的控制流程强制性的转向程序的任一处。如果一个程序中多处出现这种转移情况,将会导致程序流程无序可寻,程序结构杂乱无章,这样的程序是令人难以理解和接受的,并且容易出错。尤其是在实际软件产品的开发中,更多地追求软件的可读性和可修改性,像这种结构和风格的程序是不允许出现的。为此提出了程序的3种基本结构。

在前面讨论算法时我们列举了程序的顺序、选择和循环3种控制结构,它们是结构化程序设计方法强调使用的3种基本结构。算法的实现过程是由一系列操作组成的,这些操作之间的执行次序就是程序的控制结构。1996年,计算机科学家Bohm和Jacopini证明了这样的事实:任何简单或复杂的算法都可以由顺序结构、选择结构和循环结构这3种基本结构组合而成——这就是结构化程序设计的基本原理。所以,这3种结构就被称为结构化程序设计的3种基本结构,又称3块积木,也是结构化程序设计必须采用的结构。

结构化程序设计应遵循下列原则:

- 拥有有限数量的基本结构;
- 利用基本结构组成模块;
- 每个模块都有且只有一个入口和一个出口;
- 少用乃至不用goto转移语句。

前述结构化程序设计中使用的3种基本结构,它们都具有单入口、单出口特性。

(2) 结构化程序设计方法

结构化程序设计强调程序设计风格和程序结构的规范化,提倡清晰的结构。怎样才能得到一个结构化的程序呢?面对一个复杂的问题时,是难以一下子写出一个层次分明、结构清晰、算法正确的程序的。结构化程序设计方法的基本思路是,把一个复杂问题的求解过程分阶段进行,每个阶段处理的问题都控制在人们容易理解和处理的范围内。

具体说,采取以下方法可以保证得到结构化的程序:自顶向下,逐步细化,模块化设计,结构化编码。

在接受一个任务后,应怎样着手进行呢?有两种不同的方法:一种是自顶向下,逐步细化;另一种是自下而上,逐步积累。

以写文章为例,有的人胸有全局,先设想好整篇文章分成哪几个部分,然后再进一步考虑每一个部分分成哪几节,每一节分成哪几段,每一段应包含什么内容。用这种方法逐步分解,直到作者认为可以直接将各小段表达为文字语句为止。这一方法就叫做“自顶向下,逐步细化”。

另有些人写文章时不拟提纲,如同写信一样提笔就写,想到哪里就写到哪里,直到他认为把想写的内容都写出来为止。这种方法叫做“自下而上,逐步积累”。

在此主要对“自顶向下,逐步细化”的设计方法做介绍。这种设计方法的过程是将问题求解由抽象到具体化的过程。如果拿到一个任务,要先经过初步考虑,把这个笼统的任务细化成几个部分,整个任务就细化成了几个子任务,也就是说,只要把这几个子任务完成了,整个任务也就完成了。如果这几个子任务还不能一步实现,还可以将它们继续细化,直至可以一步实现,不需细分为止。对任务的第一步细化叫做“顶层设计”,然后一步步细化,依次称为第二层、第三层设计等。

用这种方法便于验证算法的正确性,在下一层展开之前应仔细检查本层设计是否正确,只有上一层是正确的,才能向下细化。如果每一层设计都没有问题,则整个算法就是正确

的。因为每一层向下细化时都不太复杂,所以容易保证整个算法的正确性。检查时也是由上而下逐层检查。这样做,思路清楚,有条不紊地一步一步进行,既严谨又方便。

下面举一个例子来说明这种“自顶向下、逐步细化”设计方法的应用。

例 4.5 判断一个奇数 n 是否为素数。

素数是大于 1,且除了 1 和它本身外,不能被其他任何整数所整除的整数。为了判断某数是否为素数,可以利用穷举法,用 $2, 3, 4, \dots, n-1$ 这些数逐个去除 n ,看能否除尽。若 n 被其中一个数除尽了,则 n 不是素数,若全都除不尽,则 n 是素数。

据此,可以设计出第一阶段的算法:

S1:输入一个奇数 n ;

S2:用 2 到 $n-1$ 逐个去除 n ,看能否除尽;

S3:如果“都除不尽”,则输出“ n 是素数”,否则输出“ n 不是素数”。

该算法的步骤 S2 和 S3 需要继续求精,但步骤 S3 中的判断条件是由 S2 得出的,为此,引入一个标记 IsPrime,初值设为 1。当 2 到 $n-1$ 都除不尽 n 时,使 IsPrime=1,有除尽 n 的数时,使 IsPrime=0。于是步骤 S3 中的判断条件“都除不尽”就求精为“IsPrime=1”。

利用穷举思想,可设计出第二阶段的算法:

S2-1: IsPrime=1;

S2-2: $i=2$;

S2-3: 如果 $i \leq n-1$,则执行步骤 S2-4~S2-7,否则转到 S2-7 后,即第一阶段的 S3;

S2-4: 如果 n 除 i 的余数为 0,则执行 S2-5,否则转到 S2-6;

S2-5: IsPrime=0;

S2-6: $i+1 \rightarrow i$;

S2-7: 转到 S2-3。

将求精结果带入第一阶段的算法,得到完整的求素数算法:

S1:输入一个奇数 n ;

S2-1: IsPrime=1;

S2-2: $i=2$;

S2-3: 如果 $i \leq n-1$,则执行步骤 S2-4~S2-7,否则转到 S2-7 后,即第一阶段的 S3;

S2-4: 如果 n 除 i 的余数为 0,则执行 S2-5,否则转到 S2-6;

S2-5: IsPrime=0;

S2-6: $i+1 \rightarrow i$;

S2-7: 转到 S2-3;

S3: 如果 IsPrime=1,则输出“ n 是素数”,否则输出“ n 不是素数”。

最后阶段,可将已精细到能用语句描述的算法用某种语言写出,这里略。

2. 面向对象程序设计

(1) 从结构化方法到面向对象方法

结构化程序设计主要是面向过程的,其基本思想是:采用模块分解、自顶向下、逐步求精、分而治之的手段,将一个较复杂的系统按功能分解成若干易于控制和处理的子系统,子系统又可以分解为更小的子任务,最后的子任务都可以独立编写成子程序模块,各模块功能相对独立;模块内部由顺序、选择、循环 3 种基本结构组成。

结构化程序设计技术是以算法为核心,把数据和过程作为相互独立的部分,数据代表问题空间中的实体,程序代码则用于处理数据。之所以把数据和程序代码作为分离的实体,实际上反映了计算机的观点,因为在计算机内部数据和程序是分开存放的。

结构化方法曾经给计算机软件业带来巨大进步,部分缓解了软件危机,使用面向过程的结构化方法开发的许多中、小规模软件项目都获得了巨大的成功。采用这种方法开发的软件系统具有模块化、层次化等特点,各模块相对独立、接口简单、界面清晰,使用和维护起来非常方便。目前,该方法仍然是软件系统开发的基础工具和方法。

但是,从 20 世纪 80 年代末期开始,人们注意到结构化设计方法应用于大型软件产品开发的成功例子并不多。分析其原因主要有两点:一是由于结构化方法将过程和数据分离为相互独立的实体,程序员在编程时必须时刻考虑所要处理数据的格式,对于不同的数据格式做相同的处理或对于相同的数据格式做不同处理时都需要编写不同的程序,所以结构化程序的可重用性不好;二是当数据和过程相对独立时,总存在着使用错误的数据调用正确的程序模块,或使用正确的数据调用错误的程序模块的危险。这就要求程序员必须尽可能地保持数据与程序间的相容性和一致性,显然这是比较困难的。应用面向对象方法,可以较好地解决上述问题。

(2) 面向对象方法

面向对象方法的基本思想是:尽可能地运用人类的自然思维方式来建立问题空间的模型,构造尽可能直观、自然地表达求解方法的软件系统。在程序空间内,利用数据抽象的方法对客观世界中的实体进行描述,即将一种数据结构和操作该数据结构的方法捆在一起,封装在一个程序实体内,从而实现数据封装和信息隐藏。亦即把数据结构隐藏在操作的后面,通过“操作”作为接口界面实现与外部的交流,即消息传递。对外部来讲,只知道“它是做什么的”,而不知道“它是如何做的”。

面向对象方法是一种以对象为基础,以事件或消息来驱动对象处理的程序设计技术。它以数据为中心而不是以功能为中心来描述系统,数据相对于功能而言具有更强的稳定性。类的集成度越高,就越适合大型应用程序的开发。另一方面,面向对象程序的控制流由运行时各种事件的实际发生来触发,而不再由预定的顺序来决定,更符合实际。更重要的是,可以利用不断扩充的框架产品,例如 MFC(Microsoft Foundation Class),在实际编程时可以采用搭积木的方式来组织程序,站在“巨人”的肩上实现自己的愿望。

面向对象的方法强调模拟现实世界中的概念而不强调算法,它鼓励开发者在软件开发的绝大部分过程中都用应用领域的概念去思考。

3. 程序书写风格

(1) 程序呈锯齿形排列。这样可以清晰地表达程序各部分的嵌套关系。

(2) 每行只写一条语句。

(3) 在程序中加入必要的注释以增加程序的可读性。

(4) 用标识符助记。标识符是用来给程序使用的变量、程序、模块等语法实体命名的。在命名时最好符合自然语言习惯,这样可以提高可读性。例如,姓名用 name,年龄用 age 等等。

(5) 充分利用空格和空行。多余的空格和空行对于编译程序加工源程序不起任何作用,但适当巧妙地运用空格和空行也能提高程序的可读性。例如,利用空行将程序的首部、说明部分、执行部分分开既便于阅读又便于查错。

总之,从一开始就应养成良好的编程习惯,渐渐会发现,好的习惯会让你受益无穷。

习 题

1. 什么是算法? 试从日常生活中找出两个例子,描述它们的算法。
2. 分别用传统流程图和 N-S 图表示求解以下问题的算法。
 - (1) 求 $1+2+3+\cdots+50$ 的和。
 - (2) 判断一个数 n 能否被 2 和 7 整除。
 - (3) 求两个数 x 和 y 的最大公约数。
3. 用伪代码表示 4.2 题中各题的算法。
4. 什么是结构化程序设计? 用“自顶向下、逐步细化”的方法进行以下算法的设计: 打印 1900~2000 年中闰年的年份,闰年的条件是:能被 4 整除但不能被 100 整除或能被 100 整除且能被 400 整除。

4.2 数据结构

数据结构是计算机相关专业的一门重要的专业基础课。它主要研究计算机加工对象的逻辑结构、在计算机中的表示形式以及实现各种基本操作的算法。它是学习操作系统、编译原理、数据库原理等计算机专业核心课程的基础,掌握好这门课程的内容是学习计算机其他相关课程的必备条件。

数据结构作为一门独立的课程在国外是从 1968 年才开始的,在此之前其有关内容已散见于离散数学、编译原理及操作系统之中。1968 年美国 D. E. Knuth 教授开创了数据结构的最初体系,他所著的《计算机程序设计技巧》较为系统地阐述数据的逻辑结构和存储结构及其操作。从 20 世纪 60 年代末到 70 年代初,出现了大型程序,软件也相对独立,结构程序设计成为程序设计方法学的主要内容,人们越来越重视数据结构。从 20 世纪 70 年代中期到 80 年代,各种版本的数据结构著作相继出现。目前,数据结构的发展并未终结,一方面,面向各专门领域中特殊问题的数据结构得到研究和发展,如多维图形数据结构等;另一方面,从抽象数据类型和面向对象的观点来讨论数据结构已成为一种新的趋势,越来越被人们所重视。

4.2.1 数据结构的概念

1. 什么是数据结构

数据结构(Data Structure)指的是数据之间的相互关系,即数据的组织形式。常见的数据结构有:线性结构、树形结构和图形结构。

数据结构一般包括以下三方面内容:

① 数据元素之间的逻辑关系,也称数据的逻辑结构。

数据的逻辑结构是从逻辑关系上描述数据,与数据的存储无关,是独立于计算机的。数据的逻辑结构可以看作是从具体问题抽象出来的数学模型。

② 数据元素及其关系在计算机存储器内的表示,称为数据的存储结构。

数据的存储结构是逻辑结构用计算机语言的实现(亦称为映象),它依赖于计算机语言。对机器语言而言,存储结构是具体的。一般只在高级语言的层次上讨论存储结构。

③ 数据的运算,即对数据施加的操作。

数据的运算定义在数据的逻辑结构上,每种逻辑结构都有一个运算的集合。最常用的检索、插入、删除、更新、排序等运算实际上只是在抽象的数据上所施加的一系列抽象的操作。

所谓抽象的操作,是指只知道这些操作是“做什么”,而无须考虑“如何做”。只有确定了存储结构之后,才考虑如何具体实现这些运算。

为了增加对数据结构的感性认识,下面举例来说明有关数据结构的概念。

例 4.6 设有一学生信息表,见表 4.2。

表 4.2 学生信息表

学 号	姓 名	性 别	出生年月	...
20004140220	李 研	男	80.12	...
20004140221	张 霁 飞	男	81.02	...
20004140222	刘宏涛	男	80.09	...
20004140223	李 霞	女	81.03	...
...

(1) 逻辑结构

表中的每一行是一个数据元素(或记录、结点),它由学号、姓名、性别及出生年月等数据项组成。

表中数据元素之间的逻辑关系是:对表中任一个结点,与它相邻且在它前面的结点(亦称为直接前趋)最多只有一个;与表中任一结点相邻且在其后的结点(亦称为直接后继)也最多只有一个。表中只有第一个结点没有直接前趋,故称为开始结点;也只有最后一个结点没有直接后继,故称之为终端结点。例如,表中“张霁飞”所在结点的直接前趋结点和直接后继结点分别是“李研”和“刘宏涛”所在的结点,上述结点间的关系构成了这张学生成绩表的逻辑结构。

(2) 存储结构

该表的存储结构是指用计算机语言如何表示结点之间的这种关系,即表中的结点是顺序邻接地存储在一片连续的单元之中,还是用指针将这些结点链接在一起。

(3) 数据的运算

在上面的学生成绩表中,可能要经常查看某一学生的信息;当学生退学时要删除相应的结点;进来新学生时要增加结点。究竟如何进行查找、删除、插入,这就是数据的运算问题。

搞清楚了上述 3 个问题,也就弄清了学生信息表这个数据结构。

当然,程序也可以作为算法的一种描述,但程序通常还需考虑很多与方法和分析无关的细节问题,这是因为在编写程序时要受到计算机系统运行环境的限制。

2. 算法及算法分析

(1) 算法

对特定问题求解步骤的一种描述,是指令的有限序列,每条指令表示一个或多个操作。

(2) 算法设计的要求

- ① 正确性:算法应满足具体问题的需求。
- ② 可读性:便于阅读和交流。
- ③ 健壮性:能够对输入的非法数据作出反应和处理。
- ④ 高效率与低存储量需求:效率指算法的执行时间;存储量需求指算法执行过程中所需要的最大存储空间。

(3) 算法分析

对算法的分析主要是对算法的时间复杂度和空间复杂度的分析,以求改进算法的效率。

① 时间复杂度

语句频度:指的是在一个算法中该语句重复执行的次数。

时间复杂度:算法中基本操作重复执行次数依据算法中最大语句频度来估算,它是问题规模 n 的某个函数 $f(n)$,算法的时间度量记作 $T(n)=O(f(n))$,表示随着问题规模 n 的增大,算法的执行时间的增长率和 $f(n)$ 增长率相同,称作算法的渐进时间复杂度,简称时间复杂度。时间复杂度往往不是精确的执行次数,而是估算的数量级。它着重体现的是随着问题规模的增大,算法执行时间增长的变化趋势。

② 空间复杂度

一个算法的空间复杂度定义为该算法在执行过程中所需要的辅助空间的度量,辅助空间就是除算法代码本身和输入输出数据所占据的空间外,算法临时开辟的存储空间单元。在有些算法中,占据辅助空间的数量与所处理的数据量有关,而有些与所处理的数据量却无关,后一种是较理想的情况。在设计算法时,应该注意空间效率。

4.2.2 几种典型的数据结构

1. 线性表

线性表是最简单、最基本,也是最常见的一种数据结构。线性表定义如下:

(1) 线性表的逻辑定义

线性表是具有相同数据类型的 $n(n \geq 0)$ 个数据元素的有限序列,通常记为:

$$(a_1, a_2, \dots, a_n)$$

其中, n 为表长, $n=0$ 时称为空表。

表中相邻元素之间存在着顺序关系。将 a_{i-1} 称为 a_i 的直接前趋, a_{i+1} 称为 a_i 的直接后继。

就是说,对于 a_i ,当 $i=2, \dots, n$ 时,有且仅有一个直接前趋 a_{i-1} ;当 $i=1, 2, \dots, n-1$ 时,有且仅有一个直接后继 a_{i+1} 。而 a_1 是表中第一个元素,它没有前趋, a_n 是最后一个元素,无后继。

需要说明的是: a_i 为序号为 i 的数据元素 ($i=1, 2, \dots, n$),通常将它的数据类型抽象为 datatype,datatype 根据具体问题而定,如在学生情况信息表中,它是用户自定义的学生类型。

(2) 线性表的存储

下面将介绍线性表的存储方式。线性表的存储方式共有两种:顺序存储和链式存储。

① 顺序存储

是指在内存中用地址连续的一块存储空间顺序存放线性表的各元素,用这种存储形式存储的线性表称其为顺序表。因为内存中的地址空间是线性的,所以,用物理上的相邻实现

数据元素之间的逻辑相邻关系是既简单又自然。如图 4.10 所示, 设 a_1 的存储地址为 d , 每个数据元素占 L 个存储地址, 则第 i 个数据元素的地址为

$$\text{LOC}(a_i) = d + (i-1)L \quad 1 \leq i \leq n$$

存储地址 内存单元

	...
d	a_1
$d+L$	a_2
$d+2L$	a_3
...	...
$d+(i-1)L$	a_i
...	...
$d+(n-1)L$	a_n
...	...

图 4.10 线性表的顺序存储示意图

显见, 只要知道顺序表首地址和每个数据元素所占地址单元的个数, 就可求出第 i 个数据元素的地址来, 这也是顺序表具有按数据元素的序号随机存取的特点。

② 链式存储

线性表数据元素的存储单元可以不连续, 存放数据元素的结点至少包括两个域(数据域、指针域), 也可以包含若干个数据域、指针域。

单链表: 每个结点只有一个指针域, 如图 4.11 所示。

① 链表链接的顺序和数据元素的逻辑顺序一致, 结点的物理位置可任意安排。

② 头指针: 存放第一个结点的存储地址。

③ (附加) 头结点: 在单链表第一个元素结点之前附设一个

结点。

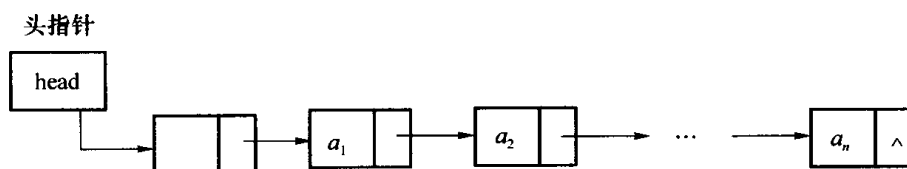


图 4.11 带头结点的单链表存储示意图

(3) 常见的线性表的基本运算

① InitList(L): 构造一个空的线性表 L , 即表的初始化。

② ListLength(L): 求线性表 L 中的结点个数, 即求表长。

③ GetNode(L, i): 取线性表 L 中的第 i 个结点, 这里要求 $1 \leq i \leq \text{ListLength}(L)$ 。

④ LocateNode(L, x): 在 L 中查找值为 x 的结点, 并返回该结点在 L 中的位置。若 L 中有多个结点的值和 x 相同, 则返回首次找到的结点位置; 若 L 中没有结点的值为 x , 则返回一个特殊值表示查找失败。

⑤ InsertList(L, x, i): 在线性表 L 的第 i 个位置上插入一个值为 x 的新结点, 使得原编号为 $i, i+1, \dots, n$ 的结点变为编号为 $i+1, i+2, \dots, n+1$ 的结点。这里 $1 \leq i \leq n+1$, 而 n 是原表 L 的长度。插入后, 表 L 的长度加 1。

⑥ DeleteList(L, i): 删除线性表 L 的第 i 个结点, 使得原编号为 $i+1, i+2, \dots, n$ 的结点变成编号为 $i, i+1, \dots, n-1$ 的结点。这里 $1 \leq i \leq n$, 而 n 是原表 L 的长度。删除后表 L 的长度减 1。

2. 栈和队列

栈和队列是两种特殊的线性表, 它们的逻辑结构和存储结构与线性表相同, 只是其运算规则较线性表有更多的限制, 故又称它们为运算受限的线性表。栈和队列被广泛应用于各种程序设计中。

(1) 栈

栈(Stack)是限制仅在表的一端进行插入和删除运算的线性表。通常称插入、删除的这一端为栈顶,另一端称为栈底。不含任何元素的栈称为空栈。在如图 4.12 所示的栈 S 中的元素为 a_n, a_{n-1}, \dots, a_1 , 则称 a_1 为栈底元素, a_n 为栈顶元素。栈中的元素按 $a_1, a_2, \dots, a_{n-1}, a_n$ 次序进栈。在任何时候,出栈的元素都是栈顶元素。换句话说,栈的修改是按后进先出的原则进行的,因此,栈又称为后进先出表,简称为 LIFO 表。所以,只要问题满足 LIFO 原则,就可以使用栈。

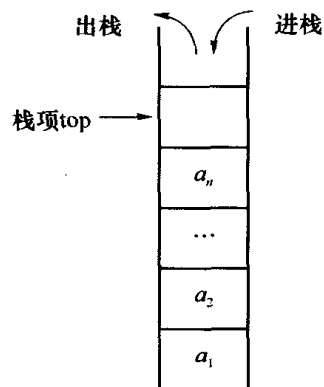


图 4.12 栈示意图

栈的基本操作:

InitStack(S):构造一个空栈 S 。

StackEmpty(S):判栈空。若 S 为空栈,则返回 TRUE,否则返回 FALSE。

StackFull(S):判栈满。若 S 为满栈,则返回 TRUE,否则返回 FALSE。注意:该运算只适用于栈的顺序存储结构。

Push(S, x):进栈。若栈 S 不满,则将元素 x 插入 S 的栈顶。

Pop(S):出栈。若栈 S 非空,则将 S 的栈顶元素删去,并返回该元素。

(2) 队列

队列(Queue)也是一种特殊的线性表。对这种线性表,删除操作只在表头(称为队头)进行,插入操作只在表尾(称为队尾)进行。队列的修改是按先进先出的原则进行的,所以队列又称为先进先出表,简称 FIFO 表。

假设队列为 a_1, a_2, \dots, a_n , 那么 a_1 就是队头元素, a_n 为队尾元素。队列中的元素是按 a_1, a_2, \dots, a_n 的顺序进入的,退出队列也只能按照这个次序依次退出。也就是说,只有在 a_1 离开队列之后, a_2 才能退出队列,只有在 a_1, a_2, \dots, a_{n-1} 都离开队列之后, a_n 才能退出队列。图 4.13 是队列的示意图。

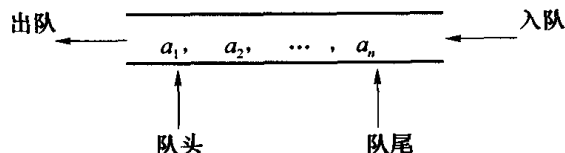


图 4.13 队列示意图

队列的基本操作:

InitQueue(Q):置空队,构造一个空队列 Q 。

QueueEmpty(Q):判队空,若队列 Q 为空,则返回 TRUE,否则返回 FALSE。

QueueFull(Q):判队满,若队列 Q 为满,则返回 TRUE,否则返回 FALSE。注意:此操作只适用于队列的顺序存储结构。

EnQueue(Q, x):若队列 Q 非满,则将元素 x 插入 Q 的队尾。此操作简称入队。

DeQueue(Q):若队列 Q 非空,则删去 Q 的队头元素,并返回该元素。此操作简称出队。

3. 树和二叉树

树型结构是一类重要的非线性结构。树型结构是结点之间有分支,并具有层次关系的

结构。它非常类似于自然界中的树,树结构在客观世界中是大量存在的,例如家谱、行政组织机构都可以用树形象地表示。

(1) 树(Tree)

树是 $n(n \geq 0)$ 个有限数据元素的集合。当 $n=0$ 时,称这棵树为空树。在一棵非空树 T 中:

- ① 有一个特殊的数据元素称为树的根结点,根结点没有前驱结点。
- ② 若 $n > 1$,除根结点之外的其余数据元素被分成 $m(m > 0)$ 个互不相交的集合 T_1, T_2, \dots, T_m ,其中每一个集合 $T_i (1 \leq i \leq m)$ 本身又是一棵树。树 T_1, T_2, \dots, T_m 称为这个根结点的子树。

可以看出,在树的定义中用了递归概念,即用树来定义树。

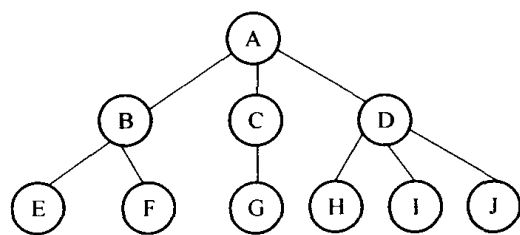


图 4.14 树结构的示意图

图 4.14 是一棵具有 10 个结点的树,即 $T = \{A, B, \dots, I, J\}$,结点 A 为树 T 的根结点,除根结点 A 之外的其余结点分为 3 个不相交的集合: $T_1 = \{B, E, F\}$, $T_2 = \{C, G\}$ 和 $T_3 = \{D, H, I, J\}$, T_1 、 T_2 和 T_3 构成了结点 A 的 3 棵子树, T_1 、 T_2 和 T_3 本身也分别是一棵树。例如,子树 T_1 的根结点为 B,其余结点又分为两个不相交的集合: $T_{11} = \{E\}$

和 $T_{12} = \{F\}$ 。 T_{11} 和 T_{12} 构成了子树 T_1 的根结点 B 的两棵子树。

树有非常简单而高效的线性化规则,因此可以利用树设计出许多非常高效的算法。树的实现和使用都很简单,但可以解决大量特殊的复杂问题,因此树是实际编程中最重要和最有用的一种数据结构。树的结构本质上有递归的性质——每一个叶子结点可以被一棵子树所替代,反之亦然。实际上,每一种递归的结构都可以被转化为(或等价于)树形结构。

本节对树型结构中最简单但应用十分广泛的二叉树结构进行讨论。

(2) 二叉树(BinaryTree)

二叉树是个有限元素的集合,该集合或者为空或者由一个称为根(root)的元素及两个不相交的、被分别称为左子树和右子树的二叉树组成。当集合为空时,称该二叉树为空二叉树。在二叉树中,一个元素也称作一个结点。

二叉树是有序的,即若将其左、右子树颠倒,就成为另一棵不同的二叉树。即使树中结点只有一棵子树,也要区分它是左子树还是右子树。因此二叉树具有 5 种基本形态,如图 4.15 所示。

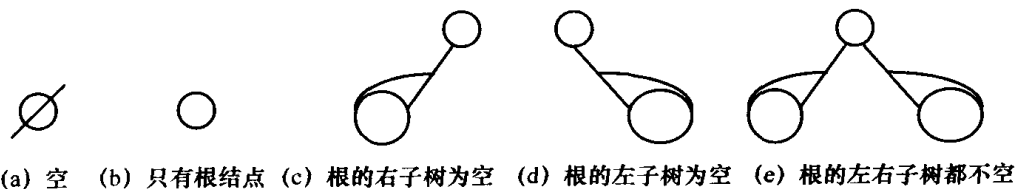


图 4.15 二叉树的 5 种基本形态

二叉树是树形结构的一个重要类型。许多实际问题抽象出来的数据结构往往是二叉树的形式,即使是一般的树也能简单地转换为二叉树,而且二叉树的存储结构及其算法都较为简单,因此二叉树显得特别重要。

(3) 二叉树的重要性质

性质 1 若层次从 1 开始, 则第 i 层最多有 2^{i-1} 个结点。

性质 2 深度为 k 的二叉树最多有 $2^k - 1$ 个结点。

性质 3 任何一棵二叉树, 若叶子结点数为 n_0 , 度为 2 的结点数为 n_2 , 则 $n_0 = n_2 + 1$ 。

性质 4 具有 n 个结点的完全二叉树的深度为 $k = \lfloor \log_2 n \rfloor + 1$ 。

(4) 满二叉树和完全二叉树

1) 满二叉树(Full Binary Tree)

一棵深度为 k 且有 $2^k - 1$ 个结点的二叉树称为满二叉树, 如图 4.16 所示。

满二叉树的特点:

① 每一层上的结点数都达到最大值。即对给定的高度, 它是具有最多结点数的二叉树。

② 二叉树中不存在度数为 1 的结点, 每个分支结点均有两棵高度相同的子树, 且树叶都在最下一层上。

2) 完全二叉树(Complete Binary Tree)

若一棵二叉树至多只有最下面的两层上结点的度数可以小于 2, 并且最下一层上的结点都集中在该层最左边的若干位置上, 则此二叉树称为完全二叉树, 如图 4.17 所示。

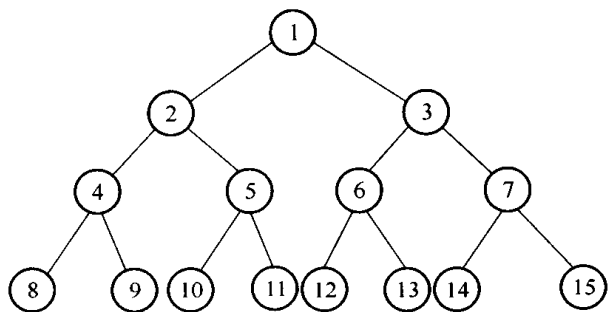


图 4.16 满二叉树

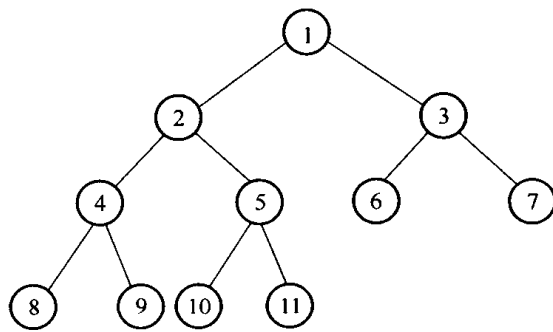


图 4.17 完全二叉树

完全二叉树的特点:

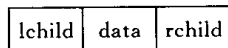
① 满二叉树是完全二叉树, 完全二叉树不一定是满二叉树。

② 若将所有结点从上到下, 从左至右编号, 则有如下关系:

- 若 $i=1$, 则 i 为根结点、无双亲; 否则($i>1$)其双亲是第 $\lfloor i/2 \rfloor$ 结点。
- 若 $2 * i \leq n$, 则它是结点 i 的左孩子。
- 若 $2 * i + 1 \leq n$, 则它是结点 i 的右孩子。

(5) 二叉树的存储结构

二叉树是非线性结构, 链接的方法是它最自然的存储表示方法。每个结点有一个数据域, 两个指针域。数据域存储数据元素的值, 两个指针分别指向该数据元素的左孩子和右孩子。当某个孩子不存在时, 相应的指针为空指针。结点形式如下:



一棵二叉树的所有这样形式的结点, 再加上一个指向根的指针, 就构成此二叉树的存储表示。这种存储表示法称为二叉链表。

图 4.18 中的二叉树的存储表示如图 4.19 所示。

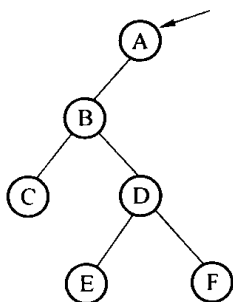


图 4.18 二叉树

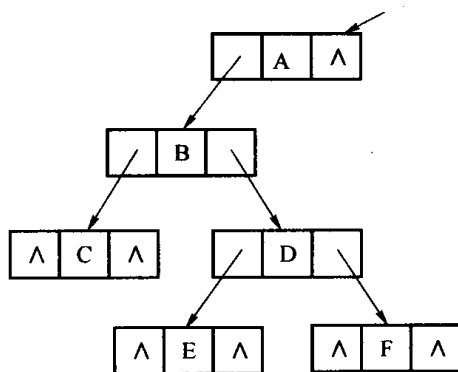


图 4.19 存储示意图

(6) 二叉树的运算

与线性表类似,二叉树也有插入、删除、检索、排序等运算,但这些运算的实现方法与线性表相应运算的实现方法有很大差别。二叉树的运算大都与二叉树的遍历次序相关。遍历一棵二叉树,就是按一定的次序访问二叉树中的所有结点,每个结点恰好被访问一次。上述几种运算在不同的遍历次序下将有不同的结果,所以这些运算是依赖于遍历次序的。

遍历一棵二叉树实际上是对二叉树的结点进行一次扫描,是将二叉树的结点放入一个线性序列的过程,或者说把二叉树进行线性化。遍历运算是二叉树的一种最基本的运算。

遍历二叉树有 3 种主要方法:前序法、中序法和后序法。

先序遍历二叉树的操作定义为:若二叉树为空,则空操作;否则

- ① 访问根结点;
- ② 先序遍历左子树;
- ③ 先序遍历右子树。

中序遍历二叉树的操作定义为:若二叉树为空,则空操作;否则

- ① 中序遍历左子树;
- ② 访问根结点;
- ③ 中序遍历右子树。

后序遍历二叉树的操作定义为:若二叉树为空,则空操作;否则

- ① 后序遍历左子树;
- ② 后序遍历右子树;
- ③ 访问根结点。

对于图 4.18 所示的二叉树,它的 3 种方法遍历结果是:

前序序列:ABCDEF

中序序列:CBEDFA

后序序列:CEFDBA

4. 图

图状结构是一种比树形结构更复杂的非线性结构。在树状结构中,结点间具有分支层次关系,每一层上的结点只能和上一层中的至多一个结点相关,但可能和下一层的多个结点

相关。而在图状结构中,任意两个结点之间都可能相关,即结点之间的邻接关系可以是任意的。

因此,图状结构被用于描述各种复杂的数据对象,在自然科学、社会科学和人文科学等许多领域有着非常广泛的应用。

(1) 图的定义

图(Graph)是由非空的顶点集合和描述顶点之间关系的边(或者弧)的集合组成,其形式化定义为

$$G=(V,E)$$

$$V=\{v_i \mid v_i \in \text{dataobject}\}$$

$$E=\{(v_i, v_j) \mid v_i, v_j \in V \wedge P(v_i, v_j)\}$$

其中, G 表示一个图, V 是图 G 中顶点的集合, E 是图 G 中边的集合,集合 E 中 $P(v_i, v_j)$ 表示顶点 v_i 和顶点 v_j 之间有一条直接连线,即偶对 (v_i, v_j) 表示一条边。图4.20和图4.21分别给出了有向图和无向图的示例,在图 G_1 中:顶点集合 $V_1=\{a, b, c, d, e\}$;边集合 $E_1=\{<a, b>, <a, c>, <a, e>, <c, d>, <c, e>, <d, a>, <d, b>, <e, d>\}$ 。在图 G_2 中,顶点集合 $V_2=\{a, b, c, d\}$,边集合 $E_2=\{(a, b), (a, c), (a, d), (b, d), (c, d)\}$ 。

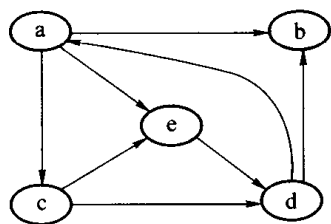


图 4.20 有向图 G_1

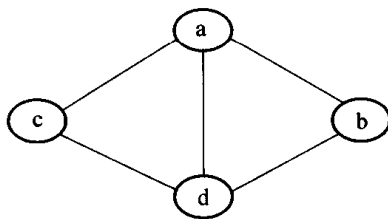


图 4.21 无向图 G_2

(2) 图的相关术语

① 无向图

在一个图中,如果任意两个顶点构成的偶对 $(v_i, v_j) \in E$ 是无序的,即顶点之间的连线是没有方向的,则称该图为无向图。如图4.21所示是一个无向图 G_2 。

② 有向图

在一个图中,如果任意两个顶点构成的偶对 $<v_i, v_j> \in E$ 是有序的,即顶点之间的连线是有方向的,则称该图为有向图。如图4.20所示是一个有向图 G_1 。

③ 无向完全图

在一个无向图中,如果任意两顶点都有一条直接边相连接,则称该图为无向完全图,可以证明,在一个含有 n 个顶点的无向完全图中,有 $n(n-1)/2$ 条边。

④ 有向完全图

在一个有向图中,如果任意两顶点之间都有方向互为相反的两条弧相连接,则称该图为有向完全图。在一个含有 n 个顶点的有向完全图中,有 $n(n-1)$ 条边。

⑤ 稀疏图

稀疏图是指边数小于 $n \log n$ 的图,反之称为稠密图。

⑥ 顶点的度

无向图中,顶点的度为与每个顶点相连的边数。

有向图中,顶点的度分成入度与出度,入度是指以该顶点为头的弧的数目,出度是指该顶点为尾的弧的数目。

⑦ 网

带权的图,权是指距离、耗费和开销等。

⑧ 路径、路径长度

路径:图 G 中,顶点 v_p 到 v_q 的路径是一组顶点的序列 $(v_p, v_{i1}, v_{i2}, \dots, v_{im}, v_q)$, 其中 $(v_p, v_{i1}), (v_{i1}, v_{i2}), \dots, (v_{im}, v_q)$ 是 E 中的边。如果图 G 为有向图,则路径也是有方向的。

路径长度:沿路径边的数目或沿路径各边权值之和。

(3) 图的运算

① DFSTraverse($G, v, \text{Visit}()$):从顶点 v 起深度优先遍历图 G ,并对每个顶点调用函数 Visit 一次且仅一次。

② BFSTraverse($G, v, \text{Visit}()$):从顶点 v 起广度优先遍历图 G ,并对每个顶点调用函数 Visit 一次且仅一次。

4.2.3 查找

计算机、计算机网络使信息查询变得更快捷、方便、准确。但要从计算机、计算机网络中查找特定的信息,就需要在计算机中存储包含该特定信息的表。如要从计算机中查找英文单词的中文解释,就需要存储类似英汉字典这样的信息表,以及对该表进行的查找(Searching)操作。本节将讨论的问题即是“信息的查找”。

查找是许多程序中最消耗时间的一部分,因而一个好的查找方法会大大提高运行速度。

1. 基本概念与术语

(1) 查找表

由同一类型的数据元素(或记录)构成的集合。对查找表经常的操作如下:

- ① 查找表中是否存在某元素;
- ② 从查找表中检索某特定元素的属性;
- ③ 在查找表中插入一个元素;
- ④ 在查找表中删除一个元素。

(2) 静态查找表

只作前两种称为“查找”操作的查找表。

(3) 动态查找表

在查找过程中,插入不存在的数据元素,或从查找表中删除已存在的数据元素。

(4) 关键字(key)

是可以标识一个数据元素(或记录)的数据项,主关键字可唯一标识一个记录,次关键字用以标识若干记录的关键字。

(5) 查找

根据给定的某个值,在查找表中检索其关键字等于给定值的记录或数据元素。若查找成功,显示整个记录的信息或指示该记录在表中位置。

2. 查找的方法

(1) 顺序查找

顺序查找又称顺序搜索。顺序查找一般是指在线性表中查找指定的元素,其基本方法如下:

从线性表的第一个元素开始,依次将线性表中的元素与被查元素进行比较,若相等则表示找到(即查找成功);若线性表中所有的元素都与被查元素进行了比较但都不相等,则表示线性表中没有要找的元素(即查找失败)。

在进行顺序查找过程中,如果线性表中的第一个元素就是被查找元素,则只需做一次比较就查找成功,查找效率最高;但如果被查的元素是线性表中的最后一个元素,或者被查元素根本不在线性表中,则为了查找这个元素需要与线性表中所有的元素进行比较,这是顺序查找的最坏情况。在平均情况下,利用顺序查找法在线性表中查找一个元素,大约要与线性表中一半的元素进行比较。

由此可以看出,对于大的线性表来说,顺序查找的效率是很低的。虽然顺序查找的效率不高,但在下列两种情况下也只能采用顺序查找:

① 如果线性表为无序表(即表中元素的排列是无序的),则不管是顺序存储结构还是链式存储结构,都只能用顺序查找。

② 即使是有序线性表,如果采用链式存储结构,也只能用顺序查找。

(2) 二分法查找

二分法查找只适用于顺序存储的有序表。在此所说的有序表是指线性表中的元素按值非递减排列(即从小到大,但允许相邻元素值相等)。

设有序线性表的长度为 n ,被查元素为 x ,则对分查找的方法如下:

将 x 与线性表的中间项进行比较;若中间项的值等于 x ,则说明查到,查找结束;若 x 小于中间项的值,则在线性表的前半部分(即中间项以前的部分)以相同的方法进行查找;若 x 大于中间项的值,则在线性表的后半部分(即中间项以后的部分)以相同的方法进行查找。

这个过程一直进行到查找成功或子表长度为 0(说明线性表中没有这个元素)为止。

显然,当有序线性表为顺序存储时才能采用二分查找,并且,二分查找的效率要比顺序查找高得多。可以证明,对于长度为 n 的有序线性表,在最坏情况下,二分查找只需要比较 $\log_2 n$ 次,而顺序查找需要比较 n 次。

(3) 分块查找

又称索引顺序查找,是对顺序查找的一种改进。分块查找要求将查找表分成若干个子表,并对子表建立索引表,查找表的每一个子表由索引表中的索引项确定。索引项包括两个字段:关键字字段(存放对应子表中的最大关键字值)、指针字段(存放指向对应子表的指针),并且要求索引项按关键字字段有序。查找时,先用给定值在索引表中检测索引项,以确定所要进行的查找在查找表中的查找分块(由于索引项按关键字字段排序,可用顺序查找或折半查找),然后再对该分块进行顺序查找。

4.2.4 排序

排序是计算机程序设计中的一种重要操作,其功能是对一个数据元素集合或序列,重新排列成一个按数据元素某个项值有序的序列。作为排序依据的数据项称为“排序码”,也即数据元素的关键字。为了便于查找,通常希望计算机中的数据表是按关键字有序的。如有序表的折半查找,查找效率较高。另外,二叉排序树、B-树和 B+树的构造过程就是一个排序过程。若关键字是主关键字,则对于任意待排序序列,经排序后得到的结果是唯一的;若关键字是次关键字,排序结果可能不唯一,这是因为具有相同关键字的数据元素,这些元素在排序结果中,它们之间的位置关系与排序前不能保持一致。

若对任意的数据元素序列,使用某个排序方法,对它按关键字进行排序。若相同关键字元素间的位置关系,排序前与排序后保持一致,称此排序方法是稳定的;而不能保持一致的排序方法则称为不稳定的。

排序分为两类:内排序和外排序。内排序指待排序列完全存放在内存中所进行的排序过程,适合数量不太大的元素序列。外排序指待排序列的数量很大,以致内存一次不能容纳全部记录,在排序过程中还需访问外存储器。

内排序的方法很多,下面介绍一些常用的内排序的方法。

1. 直接插入排序

直接插入排序是一种最简单的排序方法。它的基本操作是将一个记录插入到已排好序的有序表中,从而得到一个新的、记录数增加 1 的有序表。

算法思路:设有一组关键字 $\{k_1, k_2, \dots, k_n\}$, 排序开始就认为 $\{k_1\}$ 是一个有序子表, 让 k_2 插入上述表长为 1 的有序子表, 使之成为一个长度为 2 的有序序列, 依此类推, 最后让 k_n 插入上述表长为 $n-1$ 有序子表, 得到一个表长为 n 的有序表。例如, 对 badc 进行直接插入排序的每趟操作如下:

初始	[b]	a	d	c
第一趟	[a	b]	d	c
第二趟	[a	b	d]	c
第三趟	[a	b	c	d]

2. 希尔排序

希尔排序方法又称为缩小增量排序,属于插入类排序。它的做法不是每次一个元素接一个元素的比较,而是初期选用大跨步(增量较大)间隔比较,使记录跳跃式接近它的排序位置,然后增量缩小,最后增量为 1,这样记录移动次数大大减少,提高了排序效率。希尔排序对增量序列的选择没有严格规定。

算法思路:先取一个正整数 $d_1 (d_1 < n)$, 把全部记录分成 d_1 个组, 所有距离为 d_1 的倍数的记录看成一组, 然后在各组内进行插入排序; 然后取 $d_2 (d_2 < d_1)$, 重复上述分组和排序操作, 直到取 $d_i = 1 (i \geq 1)$, 即所有记录成为一个组为止。一般选 $d_k = n/2^k (k = 1, 2, \dots, \lfloor \log_2 n \rfloor)$ 。希尔排序, 但它对简单插入排序做了较大的改进。

例如有一组关键字:

16	25	12	30	47	11	23	36	9	18	31
----	----	----	----	----	----	----	----	---	----	----

第一趟希尔排序, 设增量 $d=5$

11	23	12	9	18	16	25	36	30	47	31
----	----	----	---	----	----	----	----	----	----	----

第二趟希尔排序, 设增量 $d=3$

9	18	12	11	23	16	25	31	30	47	36
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

第三趟希尔排序, 设增量 $d=1$

9	11	12	16	18	23	25	30	31	36	47
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

3. 冒泡排序

冒泡排序是一种最简单的交换类排序方法,它是通过相邻数据元素的交换逐步将线性表变成有序表。

冒泡排序法的基本过程是:首先,从表头开始向后扫描线性表,在扫描过程中逐次比较相邻两个元素的大小。若相邻两个元素中,后面的元素小于前面的元素,则将它们互换,称之为消去了一个逆序。显然,在扫描过程中,不断地将两相邻元素中的小者往前移动,最后就将线性表中的最小者换到了表的最前面,这也是最小元素应有的位置。

对剩下的线性表元素重复上述过程,直到某趟排序没有发生交换,排序结束。

为了理解排序过程,假设待排序元素{44,55,22,33,44,11,66,77},冒泡排序的具体操作如下所示:

∧	11	11	11	11
44	∧	22	22	22
55	44	∧	33	33
22	55	44	∧	44
33	22	55	44	∧
44	33	33	55	44
11	44	44	44	55
66	66	66	66	66
77	77	77	77	77
∪	∪	∪	∪	∪
	第	第	第	第
初	一	二	三	四
始	趟	趟	趟	趟

假设线性表的长度为 n ,则在最坏情况下,冒泡排序需要经过 $n(n-1)/2$ 次的比较。

4. 快速排序

快速排序法也是一种交换类的排序方法,快速排序法的基本思想如下:

从线性表中选取一个元素,作支点(枢轴),将线性表后面小于枢轴的元素移到前面,而前面大于枢轴的元素移到后面。结果就将线性表分成了两部分(称为两个子表),枢轴插入到其分界线的位置处,这个过程称为线性表的分割。通过对线性表的一次分割,就以枢轴为分界线,将线性表分成了前后两个子表,且前面子表中的所有元素均不大于枢轴,而后面子表中的所有元素均不小于枢轴。如果对分割后的各子表再按上述原则进行分割,并且这种分割过程可以一直做下去,直到所有子表为空为止,则此时的线性表就变成了有序表,如图4.22所示。

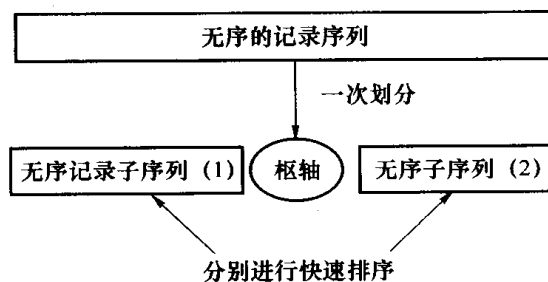


图 4.22 快速排序

例如有一组关键字: {46,56,14,43,95,10,19,72},进行一趟快速排序,其具体操作如下:

取 46 作枢轴,

46 56 14 43 95 10 19 72

46 56 14 43 95 10 19 72

19 56 14 43 95 10 **19** 72 19 比 46 小, 往前调

19 **56** 14 43 95 10 56 72 56 比 46 大, 往后调

19 10 14 43 95 **10** 56 72 10 比 46 小, 往前调

19 10 14 43 **95** 95 56 72 95 比 46 大, 往后调

19 10 14 43 46 **95 56 72**

5. 简单选择排序

选择排序方法中最简单的一种就是直接选择排序算法, 其操作过程如下。首先, 从表头开始往后扫描线性表, 在扫描过程中逐次比较相邻两个元素的大小。先选出最小的元素并将其与第一个元素交换。然后在剩下的 $n-1$ 个元素中再选出最小的元素与第二个元素交换……, 最后在剩下的两个元素中选出一个小的元素与第 $n-1$ 个元素交换。例如, 对 bdac 进行直接选择排序的每趟操作如下:

初始 b d a c

第一趟 [a] d b c

第二趟 [a b] d c

第三趟 [a b c] d

简单选择排序在最坏情况下需比较 $n(n-1)/2$ 次。

6. 堆排序

堆排序属于选择类的排序方法。堆是满足下列性质的数列 $\{r_1, r_2, \dots, r_n\}$:

$$\text{小顶堆} \begin{cases} r_i \leq r_{2i} \\ r_i \leq r_{2i+1} \end{cases} \quad \text{或} \quad \text{大顶堆} \begin{cases} r_i \geq r_{2i} \\ r_i \geq r_{2i+1} \end{cases}$$

在实际处理中, 可以用一维数组 $H[n]$ 来存储堆序列中的元素, 也可以用完全二叉树来直观地表示堆的结构。例如, 序列 (1, 3, 2, 6, 4, 3, 9, 8, 7, 5, 10) 是一个小顶堆, 它所对应的完全二叉树如图 4.23 所示。

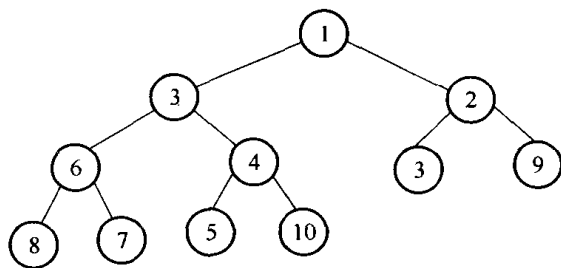


图 4.23 小顶堆

根据堆的定义, 可以得到堆排序的方法如下:

(1) 首先将一个无序序列建成堆。

(2) 然后将堆顶元素与堆中最后一个元素交换。不考虑已经换到最后的那个元素, 只

考虑前 $n-1$ 个元素构成的子序列,显然,该子序列已不是堆,但左、右子树仍为堆,可以将该子序列调整为堆。反复执行第(2)步,直到剩下的子序列为空为止。

堆排序的方法对于规模较小的线性表并不合适,但对于较大规模的线性表来说是很有效的。在最坏情况下,堆排序的时间复杂度为 $O(n\log n)$ 。

习 题

1. 什么是数据结构?
2. 什么是线性表? 线性表怎样存储?
3. 什么是栈? 它有什么特点?
4. 什么是队列? 它有什么特点?
5. 试比较顺序查找、折半查找的优劣。
6. 什么是内排序? 有哪些方法?

4.3 离散数学

离散数学也称为计算机数学,是现代数学的一个重要分支,是计算机科学与技术专业基础理论的核心课程。其内容一直随着计算机科学的发展而逐步发展、完善和深入。离散数学是数学中适用于研究离散对象的那一部分。这里“离散”的含义是指不同的不连接在一起的元素。

离散数学具有以下特点:重视“能行性”问题的研究。“能行性”问题的研究是在解决一个问题的时候,先要证明这个问题解的存在性(连续数学只要做到这一步就基本上算解决问题了),还要给出解决该问题的解的步骤,且其步骤必须是有限的、有规则的。

由于数字电子计算机是一个离散结构,它只能处理离散的或离散化了的数量关系,而且离散数学所具有的以上特点使得它成为研究计算机科学的基本数学工具,因此,无论计算机科学本身,还是与计算机科学及其应用密切相关的现代科学研究领域,都面临着如何对离散结构建立相应的数学模型;又如何将已用连续数量关系建立起来的数学模型离散化,从而可由计算机加以处理。于是,人们开始重新认识离散数量关系的研究意义,重新重视讨论离散数量关系的数学分支,并取得新的发展。离散数学学科的出现和发展是上述事实的逻辑结果。

离散数学是指导程序设计的主要基础理论。数学永远是工程学科生存和发展的基础,计算机程序设计更不例外。长久以来有一种误解,认为掌握了编程语言,就等于掌握了软件开发技术的全部。因此,许多有着漂亮界面的程序,其内部的数据组织却杂乱无章,其内部的控制逻辑也是混乱或者不严密的,其原因就是编写人员不注意应用或不知如何运用指导程序设计的数学理论。因此,有必要学习指导程序设计的离散数学。

4.3.1 概 述

离散数学以研究离散量的结构和相互关系为主要目标,其整个内容体系都是围绕计算机可以接受和处理的数据对象展开研究,离散数学的内容主要集中在数理逻辑、集合论、抽

象代数、可计算理论、图论、自动机理论、组合学等几个相对固定的领域。

离散数学课程主要介绍离散数学中的数理逻辑、集合论、代数结构、图论等分支的基本概念、理论和研究方法、研究工具。这些概念、理论以及方法大量地应用在数字电路、编译原理、数据结构、操作系统、数据库系统、系统结构、容错判断、算法的分析与设计、逻辑程序设计、人工智能、计算机网络、软件工程、多媒体技术、信息管理数据加密、形式语言与自动机等计算机科学与技术专业的相关专业课程中,并为这些专业课程的学习提供了重要的数学理论基础。

离散数学的思想和方法,广泛地体现在计算机科学技术及相关专业的诸领域。离散数学在推理方面的研究,得到人工智能科学工作者的高度重视和广泛应用,为计算机推理提供了数学基础和理论依据。在代数结构方面的研究,为计算机科学工作者从一个整体的观点出发研究问题奠定了数学基础,同时,也为实际问题形成完整的数学结构系统提供了理论上的准备。在关系方面的数学研究,为实际当中的各种关系提供了抽象的数学方法和解决实际问题的数学工具。在图论方面的研究,将实际当中的现象用与数学概念相连接,并且这种抽象的概念既可以用直观的点线图的方法画在平面上,又可以用计算机可以接受的数据结构进行表示。总之,离散数学各方面的研究均颇具活力。

离散数学课程的学习对计算机科学理论水平的提高起着非常重要的作用,该课程所提供的训练十分有益于学生概括抽象能力、逻辑思维能力、归纳构造能力的提高,十分有益于学生严谨、完整、规范的科学态度的培养。这些能力与态度是一切软、硬件计算机科学工作者所不可缺少的。学习离散数学的目的应该是:将抽象的理论应用于实践,不但要掌握题目的解题方法,更要掌握解题思想;对于定理的学习,不是简单的应用,而是掌握证明过程即掌握定理的由来,训练自己的推理能力。只有这样才达到了学习这门课程的目的:通过严格的训练来逐步实现思维方式的数学化。总之,为了适应计算机技术的要求及将来的发展,需要对离散数学有比较深入的理解。

4.3.2 数理逻辑

1. 数理逻辑简介

逻辑一词源于希腊文,是研究人的思维的科学。人的思维的形式结构包括概念、判断、推理之间和结构与联系。其中概念是思维的基本单位;通过概念对事物描述是否具有某种属性进行肯定或否定的回答,这个过程就是判断;由一个或几个判断推出另一个判断的思维形式就是推理。逻辑学研究的是:判别一个推理过程是否正确的标准。传统逻辑用自然语言表示命题形式和推理形式,而自然语言是多义的,不适于精确地表示各种命题形式和推理形式,因此数理逻辑便应运而生了。

数理逻辑是用数学的方法研究推理的形式结构和推理规律的数学学科。由于它使用了一套符号,简洁地表达出各种推理的逻辑关系,因此数理逻辑一般又称为符号逻辑。它与数学的其他分支、计算机科学、语言学等学科均有密切的联系。所谓“数学方法”是指用数学理论、手段和技巧找出研究对象内在联系的数学表达式及其规范的方法,包括使用符号和公式,已有的数学成果和方法,特别是使用形式的公理方法。

数理逻辑最基本的内容是命题逻辑和谓词逻辑,其中命题逻辑是数理逻辑的最基础部分,谓词逻辑是在它的基础上发展起来的。命题逻辑和谓词逻辑在数字电路设计、人工智

能、自动化系统、编译理论、程序理论、数据库理论等的研究中有广泛和重要的应用。

2. 命题逻辑

先看著名物理学家爱因斯坦出过的一道题：

一个土耳其商人想找一个十分聪明的助手协助他经商，有两人前来应聘，这个商人为了试试哪个更聪明些，就把两个人带进一间漆黑的屋子里，他打开灯后说：“这张桌子上有五顶帽子，两顶是红色的，三顶是黑色的，现在，我把灯关掉，而且把帽子摆的位置弄乱，然后我们三个人每人摸一顶帽子戴在自己头上，在我开灯后，请你们尽快说出自己头上戴的帽子是什么颜色的。”说完后，商人将电灯关掉，然后三人都摸了一顶帽子戴在头上，同时商人将余下的两顶帽子藏了起来，接着把灯打开。这时，那两个应试者看到商人头上戴的是一顶红帽子，其中一个人便喊道：“我戴的是黑帽子。”

请问这个人说得对吗？他是怎么推导出来的呢？

要回答这样的问题，实际上就是看由一些诸如“商人戴的是红帽子”这样的前提能否推出“猜出答案的应试者戴的是黑帽子”这样的结论来。这需要经历如下过程：

(1) 什么是前提？有哪些前提？

(2) 结论是什么？

(3) 根据什么进行推理？

(4) 怎么进行推理？

这些问题可以借助于下面的概念和理论来解决。

(1) 命题

能判定真假的陈述句称作命题。而疑问句、祈使句和感叹句等，它们无所谓真假，所以不是命题。“真”和“假”常被称为命题的真值，分别用 T 和 F 表示。如果一个命题所表述的内容与客观实际相符，则称该命题是真命题，其真值为“真”，否则，称之为假命题，其真值为假。命题具有唯一的真值，因此既可以是真又可以是假的陈述句不是命题。命题通常用大写英文字母表示。例如，

① 2 是个素数。

② 雪是黑色的。

③ 如果 $a > b$ 且 $b > c$ ，则 $a > c$ 。

④ 我们要努力学习！

⑤ 我正在说假话。

显然，①~③是命题，其中①、③为真命题，②为假命题。④不是陈述句，因此不是命题。关于⑤，我是在说谎还是在说真话呢？若⑤的真值为真，即“我正在说假话”为真，也就是“我正在说真话”，则又推出⑤的真值应为假；反之，若⑤的真值为假，即“我正在说假话”为假，也就是“我正在说真话”，则又推出⑤的真值应为真。于是⑤既不为真又不为假，因此它不是命题。像⑤这样能由真推出假，又能由假推出真的陈述句称为悖论。凡是悖论都不是命题。

像命题①、②这样的命题称为原子命题(简单命题)，即不可以再分解，不再包含任何其他命题的命题。

命题③与命题①、②不同，③实际上是由 3 个命题($a > b$ 、 $b > c$ 、 $a > c$)与两个联结词(“且”和“如果……，则……”)所组成的。命题③的真值不仅依赖于组成它的 3 个命题，而且还依赖于这两个联结词的意义。像这样的联结词称为逻辑联结词。这样的命题称为复合命题。

(2) 命题标识符

表示原子命题的符号称为命题标识符。

① 命题常元

一个命题标识符如表示确定内容的命题,就称为命题常量。

例如,“今天下雨”是具体命题,可以用 P 表示。

② 命题变元

如果命题标识符只表示任意的、没有赋予具体内容的、不确定的命题,就称为命题变元,其主要标志命题的位置。

比如我们说“若 R 是一个命题”,这时并没有明确指明 R 是什么命题,因此 R 是一个命题变元。

(3) 逻辑联结词

归纳自然语言中的联结词,常用的逻辑联结词有 \neg 、 \wedge 、 \vee 、 \rightarrow 、 \leftrightarrow 这 5 种。

① 否定联结词

设 P 是任一命题,复合命题“非 P ”(或“ P 的否定”)称为 P 的否定式,记作 $\neg P$,” \neg ”为否定联结词。联结词“ \neg ”相当于自然语言中的“非”、“不”和“没有”等否定词。

例如, P 表示“北京是中国的首都”,则 $\neg P$ 表示“北京不是中国的首都”。

② 合取联结词

设 P 、 Q 是任两个命题,复合命题“ P 并且 Q ”(或“ P 和 Q ”)称为 P 与 Q 的合取式,记作 $P \wedge Q$,” \wedge ”为合取联结词。联结词“ \wedge ”相当于自然语言中的“并且”、“既……又……”、“但”、“和”、“不仅……而且……”等。

例如, P 表示“你去了学校”, Q 表示“我去了工厂”,则 $P \wedge Q$ 表示“你去了学校并且我去了工厂”。

③ 析取联结词

设 P 、 Q 是任两个命题,复合命题“ P 或 Q ”称为 P 与 Q 的析取式,记作 $P \vee Q$,” \vee ”为析取联结词。

例如, P 表示“今天下雨”, Q 表示“今天刮风”,则 $P \vee Q$ 表示“今天下雨或者刮风”。

④ 蕴涵联结词

设 P 、 Q 是任两个命题,复合命题“如果 P ,则 Q ”称为 P 与 Q 的蕴涵式,记作 $P \rightarrow Q$,” \rightarrow ”为蕴涵联结词, P 称为蕴涵式的前件, Q 称为蕴涵式的后件。联结词“ \rightarrow ”相当于自然语言中的“如果……,则……”、“若……,才能……”、“除非……,否则……”等。

例如, P 表示“天气好”, Q 表示“我去接你”,则 $P \rightarrow Q$ 表示“如果天气好,那么我去接你”。

在这里要特别提醒一下“ \rightarrow ”的含义,在自然语言中,条件式中前提和结论间必含有某种因果关系,但在数理逻辑中可以允许两者无必然因果关系,也就是说并不要求前件和后件有什么联系。

例如, P 表示“ $1+1=3$ ”, Q 表示“太阳绕着地球转”,则 $P \rightarrow Q$ 表示“如果 $1+1=3$,则太阳绕着地球转”。 P 与 Q 在日常生活中可以说是风马牛不相及。

⑤ 等价联结词

设 P 、 Q 是任两个命题,复合命题“ P 当且仅当 Q ”称为 P 与 Q 的等式式,记作 $P \leftrightarrow Q$,” \leftrightarrow ”为等价联结词。等价联结词“ \leftrightarrow ”相当于自然语言中的“充分必要条件”、“当且仅当”等。

例如, P 表示“ $a^2 + b^2 = a^2$ ”, Q 表示“ $b=0$ ”, 则 $P \leftrightarrow Q$ 表示“ $a^2 + b^2 = a^2$ 当且仅当 $b=0$ ”。

在自然语言中, 用联结词连接的两个陈述句在内容上总是存在某种联系, 而在数理逻辑中, 关心的只是复合命题与构成复合命题的各原子命题之间的真值关系, 即抽象的逻辑关系, 并不关心各语句的具体内容。因此, 内容上毫无联系的两个命题也能组成具有确定真值的复合命题。

原子命题与复合命题之间的各种关系, 可以通过称为“真值表”的方法来表示。

例如, 表示 P 与 $\neg P$ 之间真值关系的真值表如表 4.3 所示。

真值表的优点是直观。当公式中命题变元个数不是太多时, 真值表的建立比较容易, 因此真值表是命题逻辑中研究真值关系的重要工具。

表 4.3 $\neg P$ 的真值表

P	$\neg P$
T	F
F	T

(4) 命题公式

以上定义的 5 个联结词, 它们各自可以表示自然语言中的一些常用语句, 要表达更严格的语句, 就必须将这 5 个联结词综合起来考虑, 形成更复杂的复合命题。这样, 由命题常元、命题变元、逻辑联结词和圆括号等组成的字符串称为命题公式。例如, $(P \wedge Q) \rightarrow (\neg (Q \vee R))$ 是命题公式。

由定义知, 公式是由命题符号、逻辑联结词、括号组成的符号串, 而命题符号是抽象的, 所以, 如果不对命题符号给以指派 (即指定命题符号为真或假), 则公式没有真值可言。反之, 若对所有命题符号都给以指派, 则公式就变成一个有真值的命题。

设 P 为一命题公式, A_1, \dots, A_n 为出现在 P 中的所有命题变元, 若对 A_1, \dots, A_n 指定一组真值, 称为对 P 的一种指派。

如果命题公式 P 在它的所有指派下都是真的, 则公式 P 称为永真式 (或者重言式)。典型的例子是 $P \vee \neg P$, 这个命题公式无论在任何指派下都是真的。

如果命题公式 P 在它的所有指派下都是假的, 则公式 P 称为永假式。典型的例子是 $P \wedge \neg P$, 这个命题公式无论在任何指派下都是假的。

(5) 等价式

设两个命题公式 A 和 B , 若 $A \leftrightarrow B$ 是永真式, 即 A 与 B 对任何指派都有相同的真值, 则称 A 与 B 逻辑等价, 记作 $A \Leftrightarrow B$, 读做“ A 等价于 B ”。称 $A \Leftrightarrow B$ 为等价式。等价式的实质含义是指命题公式 A 和 B 具有相同的含义。

例如, A 表示“如果天气好, 则我要进城去”, B 表示“如果我没有进城去, 则天气不好”, 这两句话意义是相同的, 所以 A 与 B 逻辑等价。

例如, P 表示“张三是学生”, Q 表示“李四是工人”, 那么 $\neg(P \vee Q)$ 就表示并非“张三是学生或者李四是工人”。这相当于说, “张三不是学生而且李四也不是工人”, 即可由 $\neg P \wedge \neg Q$ 表示, 从而有 $\neg(P \vee Q) \Leftrightarrow \neg P \wedge \neg Q$ 。

符号 \leftrightarrow 和 \Leftrightarrow 的区别: \leftrightarrow 是逻辑联结词, 属于目标语言中的符号, 是命题公式中的符号; \Leftrightarrow 不是逻辑联结词, 表示两个命题公式之间的一种关系, 不属于这两个公式的任何一个公式中的符号。 \leftrightarrow 和 \Leftrightarrow 的联系: $A \Leftrightarrow B$ 成立的充要条件是 $A \leftrightarrow B$ 是永真式。

数理逻辑部分的逻辑等价类似于初等数学里建立的许多等值式。如:

$$x^2 - y^2 = (x + y)(x - y)$$

$$(x+y)^2 = x^2 + 2xy + y^2$$

(6) 蕴涵式

设两个命题公式 A 和 B , 若 $A \rightarrow B$ 是永真式, 则称 A 蕴涵 B , 记作 $A \Rightarrow B$, 称 $A \Rightarrow B$ 为蕴涵式或永真条件式。

符号 \rightarrow 和 \Rightarrow 的区别与联系类似于 \leftrightarrow 和 \Leftrightarrow 的关系。 \rightarrow 和 \Rightarrow 的区别: \rightarrow 是逻辑联结词, 属于对象语言中的符号, 是命题公式中的符号; 而 \Rightarrow 表示两个命题公式之间的关系, 不属于这两个公式的任何一个公式中的符号。 \rightarrow 和 \Rightarrow 的联系: $A \Rightarrow B$ 成立的充要条件是 $A \rightarrow B$ 是永真式。

等价式与蕴涵式之间的关系: 设 A 和 B 是两命题公式, $A \Leftrightarrow B$ 的充要条件是 $A \Rightarrow B$ 且 $B \Rightarrow A$ 。

蕴涵式在逻辑推理中有重要用途, 虽然依靠等价关系可以进行推理。但是, 进行推理时, 不必一定要依靠等价关系, 有时只需要蕴涵关系就可以进行推理了。

(7) 推理理论

命题逻辑的推理理论就是利用命题逻辑公式研究什么是有效的推理。所谓推理也称论证, 是指从前提出发推出结论的思维过程, 而前提是已知的命题公式的集合, 结论是从前提出发应用推理规则推出的命题公式。从前提(公理或假设)出发, 根据推理规则, 推导出有效的结论, 这个过程称作有效推理(或形式证明)。因为 \rightarrow 可描述因果关系, 故在推理形式中, 使用蕴涵词 \rightarrow 连接前提和结论是自然的。

例如, 如果太阳从西方出来, 则地球停止转动。太阳从西方出来了, 所以地球停止转动。该例子中的前提包括两个: 如果太阳从西方出来, 则地球停止转动; 太阳从西方出来了, 结论是地球停止转动。这是自然语句给出的 3 个命题, 有前提有结论, 表示了一种推理关系。

对上例引入符号, 以 P 表示“太阳从西方出来”, Q 表示“地球停止转动”(则第一个自然语句表示为 $P \rightarrow Q$)。上例推理关系可以用条件式 $((P \rightarrow Q) \wedge P) \rightarrow Q$ 来表示, 这个条件式就是一推理形式。利用真值表可以证明 $((P \rightarrow Q) \wedge P) \rightarrow Q$ 为永真式, 如表 4.4 所示, 所以可以认为从前提 $P \rightarrow Q, P$ 推出结论 Q 。

表 4.4 $((P \rightarrow Q) \wedge P) \rightarrow Q$ 的真值表

P	Q	$(P \rightarrow Q) \wedge P$	$((P \rightarrow Q) \wedge P) \rightarrow Q$
T	T	T	T
T	F	F	T
F	T	F	T
F	F	F	T

例如, 约翰的梦中情人长着金黄色的头发, 蓝蓝的眼睛, 纤细的身子, 高高的个子。他认识阿黛尔, 贝蒂, 夏洛尔和多丽丝 4 位小姐, 其中一位是约翰的梦中情人。①只有 3 位小姐是蓝眼睛和细身材。②只有两位是黄头发和高个子。③只有两位是细身材和高个子。④只有一位是蓝眼睛和黄头发。⑤阿黛尔和贝蒂眼睛颜色相同。⑥贝蒂和夏洛尔头发颜色相同。⑦夏洛尔和多丽丝身材不同。⑧多丽丝和阿黛尔身高相同。4 位中谁是约翰的梦中情人?

这个推理题目, 也可以通过命题逻辑的推理得到正确答案。

3. 谓词逻辑

在命题逻辑中,研究的基本单位是命题,命题不可分,仅是有真值的一个陈述句。在命题演算的过程中,根本就不考虑命题的结构和成分,只是研究命题之间的联系。而事实上,在人类的思维过程,需要将命题内部的逻辑结构和成分作进一步分析。如著名的苏格拉底三段论:

所有的人都是要死的。

苏格拉底是人。

所以苏格拉底是要死的。

凭直觉这个论证过程是正确的,且上述3个命题之间有着密切的联系,但却无法用命题逻辑的推理理论表达出来,因为上述推理过程不仅仅与各命题有关,更与各命题的内部结构有关。因此有必要对命题内部的结构和成分加以深入研究,将命题演算扩展成谓词演算,对简单命题的成分、结构和命题间的共同特征等作分析。

由于命题逻辑是谓词逻辑系统的一个子系统,命题公式是谓词公式的特例,因此谓词逻辑的许多定义和运算法则均与命题逻辑相似。通过对比有关概念间的相似性来学习,将会起到事半功倍的作用。谓词逻辑中常见的基本概念如下:

(1) 个体

即命题中涉及的主体,它们可以是客观世界中的具体客体,也可以是抽象的客体。如“苏格拉底是人”中的“苏格拉底”,“ $3+2=5$ ”中的“3”、“2”、“5”。

表示具体的、特指的个体词,称为个体常元。表示抽象的、泛指的和在一定范围内变化的个体词,称为个体变元。个体变元的取值范围称为个体域。

(2) 谓词

即语句中表示个体性质和关系的语言成分(通常是谓语),例如,“苏格拉底是人”中的“……是人”,“苏格拉底是要死的”中的“……是要死的”,“ $3+2=5$ ”中的“ $\dots+\dots=\dots$ ”。其中前两个表示个体性质,第三个表示3个个体间的关系。

(3) 量词

全称量词“ \forall ”,表示个体变元的所有取值,对应日常语言中“一切”、“任意的”、“所有”、“全体”、“凡是”等词。

部分量词“ \exists ”,表示个体变元的某些值,对应日常语言中的“存在”、“有些”、“有的”、“至少有一个”。

用谓词的概念可将苏格拉底三段论符号化:

设变元 x 表示人,常元 a 表示苏格拉底,谓词 $P(x)$ 表示 x 是人,谓词 $Q(x)$ 表示 x 会死的。则:

命题“所有的人都是要死的”表示为 $\forall x(P(x) \rightarrow Q(x))$ 。

命题“苏格拉底是人”表示为 $P(a)$ 。

命题“苏格拉底是要死的”表示为 $Q(a)$ 。

只有当这些细节都被清楚地表示出来,同时建立起它们之间逻辑关系的形式描述(例如,建立一条规则,表示一类个体都有的性质,此类个体中的每一个个体也具有这一性质),那么进行推理才是可能的。

例如,已知前提:任何人不喜欢乘机动车,就喜欢骑自行车;如某人喜欢步行,则他必不

喜欢乘机动车;有人不喜欢骑自行车。该例子中,命题中出现了量词,用命题逻辑无法进行推理,则可以利用谓词逻辑的思想和方法进行推理,推出的结论是:必有人不喜欢步行。

与命题逻辑类似,用谓词逻辑表示概念时,其前提和结论均为确定的;而用谓词逻辑进行推理时,一般只知前提,而结论是未知的,需要通过谓词演算得出,或需要通过谓词演算加以确定。复杂的事实,很难一眼辨别其真伪,而谓词演算由于其推理过程严密而精确,很容易在一些似是而非,类似绕口令的叙述中,抽取出事实真相,起到去伪存真的作用。因此谓词逻辑广泛用于人工智能程序和理论证明等。

4.3.3 集合论

1. 集合论在计算机科学中的应用

集合论是现代数学的基础,是现代数学不可或缺的基本描述工具。可以这样讲,现代数学(包括离散数学)的“大厦”是建立在集合论的基础之上的。从而集合论也是计算机科学的基础。

现在,集合论已经成为内容充实、使用广泛的一门学科,在近代数学中占据重要地位,它的观点已渗透到古典分析、泛函、概率、函数论、信息论、排队论等现代数学各个分支,正在影响着整个数学科学。集合论在计算机科学领域中也具有十分广泛的应用,计算机科学领域中的大多数基本概念和理论几乎均采用集合论的有关术语来描述和论证,而这些都是计算机科学工作者必不可少的基础知识。

集合论主要研究内容包括集合、二元关系、函数等。

集合不仅可以用来表示数及其运算,还可以用于非数值信息的表示和处理(如数据的增加、删除、修改、排序及数据间关系的描述等)。集合的相关知识在编译理论、开关理论、信息检索、形式语言、数据库与知识库、专家系统、CAD、CAI、人工智能等各个领域中有十分广泛的应用。

关系是一种被广泛使用的概念,如日常生活中的父子关系、朋友关系、债主与债户关系,自然科学中的函数关系、相似关系、对称关系。关系这一概念对计算机科学的理论是非常重要的,在计算机科学中的应用也特别普遍:如关系数据库中数据特性关系、程序的输入与输出关系、计算机语言的字符关系、面向对象程序设计中的类继承关系、结构化程序设计中的函数或子程序调用关系、程序的串行与并行运算关系。数值应用、信息检索、网络问题等也都是关系的应用领域。

2. 基本概念

(1) 集合

一个集合是作为整体识别的确定的、互相区别的一些事物的全体或总和。构成一个集合的每个事物,称为这个集合中的元素。

如果 x 是集合 S 的一个元素,记作 $x \in S$,读为 x 属于 S ; y 不是集合 S 的元素,记作 $y \notin S$,读为 y 不属于 S 。

集合之间的关系:

① 相等

设 A, B 是两个集合。若当 A, B 的元素完全一样,即 A, B 两个集合实际上是同一集合时,则称集合 A, B 相等,记作 $A = B$ 。

② 子集

设 A, B 是两个集合。若 A 的元素都是 B 的元素, 则称 B 包含 A , 或称 A 是 B 的子集, 记作 $A \subseteq B$ 。若 $A \subseteq B$, 且 $A \neq B$, 则称 A 是 B 的真子集, 记作 $A \subset B$ 。

集合的表示法:

① 描述法

用谓词概括元素的属性。

例如, $A = \{x | x \in Z \wedge 3 \leq x \leq 5\}$ 。

② 列举法

表示一个集合 A 时, 将 A 中元素一一列举, 或列出足够多的元素以反映 A 中成员的特征。

例如, $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ 或 $A = \{a_1, a_2, a_3, \dots\}$ 。

③ 递归指定集合

通过计算规则定义集合中的元素。

例如, 设 $a_0 = 1, a_1 = 1, a_{n+1} = a_n + a_{n-1}$, 于是 $A = \{a_0, a_1, a_2, \dots\} = \{a_k | k \geq 0\}$ 。

④ 文氏图法(John Venn)

首先画一个大矩形表示全集, 其次在矩形内画一些圆, 用圆的内部表示集合, 集合之间的相互关系和有关的运算可以用文氏图给予形象的描述。一般情况下表示集合的圆应该是相交的, 如果已知某两个集合是不相交的, 则表示它们的圆就彼此相离。

例如, 集合 B 是集合 A 的真子集, 可以用图 4.24 表示。

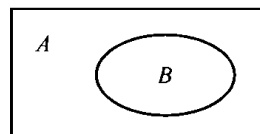


图 4.24 文氏图法

(2) 序偶

两个具有固定次序的客体组成一个序偶, 记作 $\langle x, y \rangle$ 。

在日常生活中, 有许多事物是成对出现的, 而这种成对出现的事物, 具有一定的顺序。例如, 上、下; 左、右; $3 < 4$; 张华高于李明; 中国地处亚洲。上述各例可分别表示为 $\langle \text{上}, \text{下} \rangle$; $\langle \text{左}, \text{右} \rangle$; $\langle 3, 4 \rangle$; $\langle \text{张华}, \text{李明} \rangle$; $\langle \text{中国}, \text{亚洲} \rangle$ 。

序偶的定义与集合的定义相似, 但集合元素没有顺序, 而序偶强调顺序。序偶中的第一个元素称为第一元素; 第二个元素称为第二元素。

序偶的相等: 两个序偶相等, $\langle x, y \rangle = \langle u, v \rangle$, 当且仅当 $x = u, y = v$ 。

因此, 序偶 $\langle a, b \rangle$ 和序偶 $\langle b, a \rangle$ 不相等, 除非 $a = b$ 。

(3) 笛卡尔积

令 A 和 B 是任意两个集合, 若序偶的第一个成员是 A 的元素, 第二个成员是 B 的元素, 所有这样的序偶集合称为集合 A 和 B 的笛卡尔积或直积, 记作 $A \times B$ 即 $A \times B = \{\langle x, y \rangle | (x \in A) \wedge (y \in B)\}$ 。

例如, 若 $A = \{\text{王芳}, \text{李政}\}, B = \{\text{人工智能}, \text{计算机图形学}, \text{程序设计方法学}\}$, 则

$A \times B = \{\langle \text{王芳}, \text{人工智能} \rangle, \langle \text{王芳}, \text{计算机图形学} \rangle, \langle \text{王芳}, \text{程序设计方法学} \rangle, \langle \text{李政}, \text{人工智能} \rangle, \langle \text{李政}, \text{计算机图形学} \rangle, \langle \text{李政}, \text{程序设计方法学} \rangle\}$

$B \times A = \{\langle \text{人工智能}, \text{王芳} \rangle, \langle \text{人工智能}, \text{李政} \rangle, \langle \text{计算机图形学}, \text{王芳} \rangle, \langle \text{计算机图形学}, \text{李政} \rangle, \langle \text{程序设计方法学}, \text{王芳} \rangle, \langle \text{程序设计方法学}, \text{李政} \rangle\}$

$A \times A = \{\langle \text{王芳}, \text{王芳} \rangle, \langle \text{王芳}, \text{李政} \rangle, \langle \text{李政}, \text{王芳} \rangle, \langle \text{李政}, \text{李政} \rangle\}$

(4) 二元关系

笛卡尔积 $A \times B$ 的任何一个子集 R 称作 A 到 B 的一个二元关系。 R 中任一序偶 $\langle x, y \rangle$ 可记作 $\langle x, y \rangle \in R$ 或 xRy 。不在 R 中的任一序偶 $\langle x, y \rangle$ 可记作 $\langle x, y \rangle \notin R$ 或 $x \not R y$ 。例如,在实数集合中两个实数之间的大于关系“ $>$ ”可记作 $> = \{ \langle x, y \rangle \mid x, y \text{ 是实数, 且 } x > y \}$ 。

关系是一个基本概念,在日常生活中我们都熟悉“关系”这词的含义,例如兄弟关系;上下级关系;位置关系等。在数学上关系可表达集合中元素间的联系。如“3 小于 6”;“ x 大于 y ”;“点 a 在 b 与 c 之间”等。

在表 4.5 中,用关系的术语可以说王芳与计算机图形学以及程序设计方法学课有选课关系,李政与程序设计方法学以及人工智能课有选课关系。

表 4.5 学生选课表

学生	课程	学生	课程
王芳	计算机图形学	李政	程序设计方法学
王芳	程序设计方法学	李政	人工智能

从上例中可以很清楚地看出集合 A, B 上的二元关系 R 是集合 A, B 上的笛卡尔积的子集。

(5) 关系的特性

① 自反性

设 R 为定义在集合 X 上的二元关系,若对于每个 $x \in X$,都有 xRx ,则称二元关系 R 是自反的。

例如,实数集合中,“ \leq ”是自反的,因为对于任意实数 $x \leq x$ 成立。又如平面上三角形的全等关系是自反的。

② 对称性

设 R 为定义在集合 X 上的二元关系,若对于每个 $x, y \in X$,每当 xRy ,就有 yRx ,则称集合 X 上关系 R 是对称的。

例如,平面上诸三角形集合中三角形的相似关系是对称的,因为若三角形 A 相似三角形 B ,则三角形 B 必相似三角形 A 。

③ 传递性

设 R 为定义在集合 X 上的二元关系,若对于任意 $x, y, z \in X$,每当 xRy, yRz 时就有 xRz ,则称关系 R 在 X 上是传递的。

例如,实数集合中关系 $\leq, <$ 和 $=$,都是传递的。

又如,设 A 是人的集合, R 是 A 上的二元关系, R 是 A 上的祖先关系,因为 $\langle a, b \rangle$ 表示 a 是 b 的祖先, $\langle b, c \rangle$ 表示 b 是 c 的祖先,显然 a 是 c 的祖先,即 $\langle a, c \rangle$ 也属于祖先关系 R ,故 R 是传递的。

④ 反自反性

设 R 为定义在集合 X 上的二元关系,若对于每一个 $x \in X$,都有 $\langle x, x \rangle \notin R$,则称关系 R 在 X 上是反自反的。

例如,实数集合中关系 $>$,日常生活中的父子关系等都是反自反的。

⑤ 反对称性

设 R 为定义在集合 X 上的二元关系,若对于每一个 $x, y \in X$,每当 xRy 和 yRx 必有

$x=y$,则称关系 R 在 X 上是反对称的。

例如,实数集中关系 \leq ,集合的关系 \subseteq 都是反对称的。

(6) 等价关系

设 R 为定义在集合 X 上的二元关系,若 R 是自反的,对称的和传递的,则称 R 为等价关系。

例如,设 $X=\{a,b,c,d,e,f,g\}$,其中 a,b,c,d,e,f,g 分别表示 7 位大学生,并且 a,b,c 都姓张, d 和 e 都姓李, f 和 g 都姓王。如果同姓的大学生认为是相关的,那么这种同姓关系 R 是等价关系。因为每一个大学生都是和自己同姓的,所以 R 是自反的二元关系;另外当 $\langle a,b \rangle \in R$ 时,即 a 和 b 是同姓的,显然有 b 和 a 也是同姓的,即 $\langle b,a \rangle \in R$,所以 R 是对称的二元关系;最后,当 $\langle a,b \rangle \in R$ 并且 $\langle b,c \rangle \in R$ 时,即 a 和 b 同姓并且 b 和 c 同姓,显然 a 和 c 同姓,即 $\langle a,c \rangle \in R$,所以 R 是传递的二元关系,由此可得同姓关系 R 是 A 上的等价关系。

等价关系实质是一种“同组”关系。上面提到的同姓关系,实际上就是把集合 A 中的 7 位大学生按姓氏分组后的同组关系。

设 R 为集合 A 上的等价关系,对任何 $a \in A$,集合 $[a]_R = \{x | x \in A, aRx\}$ 称为元素 a 形成的 R 等价类。同组关系属于一个等价类。

在日常生活中或在科学研究中,我们常常需要对一些事物按照某种方式进行分类。如将全中国人分成两类:男公民和女公民;将所有参赛的运动员分成不同的重量级别进行举重比赛;将所有的整数按模 10 同余关系分成 10 类:如果两个整数的差是 10 的倍数,则这两个整数属于同一个类。抽象地讲,就是需要对某个集合中的元素按照某种方式进行分类(集合的划分)。集合的分类与等价关系密切相关,分类的目的在于研究每一类中对象的共性,而对信息和数据进行分类是计算机的重要处理之一。

(7) 偏序关系

设 A 是一个集合,如果 A 上的一个关系 R 满足自反性、反对称性和传递性,则称 R 是 A 上的一个偏序关系,并把它记为“ \prec ”。序偶 $\langle A, \prec \rangle$ 称作偏序集。

例如,实数之间的小于等于关系,集合之间的包含关系都是偏序关系。

集合元素间的序关系与元素间的等价关系一样也是一种重要的关系。根据等价关系可以将集合中的元素进行划分,而根据序关系则可以将集合中的元素进行排序。只有有了一定的序关系,才能对数据库中的“信息”与“数据”进行存储、加工和传输。序关系对于情报检索、数据处理、信息传输、程序运行等都是极为重要的。如计算机程序执行时往往是“串行”的,这就涉及到了序关系(程序执行的先后问题;即使是“并行”处理,也不可避免地存在瞬间的先后问题)。另外,面向对象编程中的类继承关系、结构化程序设计中的函数或子程序调用关系都是序关系的应用实例。

(8) 函数

设 X 和 Y 是两个集合,而 f 是 X 到 Y 的一个关系,如果对于任意的 $x \in X$,有唯一的 $y \in Y$,使得 $\langle x,y \rangle \in f$,则称关系 f 为函数,记作 $f:X \rightarrow Y$ 。

注意:

- ① 函数的定义域是 X ,而不能是 X 的某个真子集。
- ② 一个 $x \in X$,只能对应唯一的 $y \in Y$,使得 $\langle x,y \rangle \in f$ 。

4.3.4 代数结构

1. 为什么要研究代数结构

代数是专门研究离散对象的数学,是对符号的操作。它是现代数学的三大支柱之一(另两个为分析与几何)。在普通代数里,计算的对象是数,计算的方法是加、减、乘、除。由于数学和其他科学的发展,人们需要对若干不是数的事物,用类似普通计算的方法进行计算。如高等数学中的矩阵、向量等都是可以计算的。

在一个非空集合上,确定了某些运算以及这些运算满足的规律,于是该非空集合中的元素就说是有了—种代数结构,称为代数系统。研究代数系统的学科称为近世代数或抽象代数,它是近代数学的重要分支。代数系统是一种数学结构,它由集合、关系、运算、公理、定理、定义和算法组成。它是应用抽象的方法,研究我们将要处理的数学对象-集合上的关系或运算,事物中的关系就是事物的结构,所以代数系统又称为代数结构。

在计算机科学中,常用代数结构去描述机器可计算函数,研究运算的复杂性,分析程序设计语言的语义等。

代数的概念和方法是研究计算机科学和工程的重要数学工具。在各种数学问题及许多实际问题的研究中都离不开数学模型,要构造一个现象或过程的数学模型,就需要某种数学结构,而代数结构就是最常用的数学结构之一;又如描述机器可计算的函数,研究算术计算的复杂性,刻画抽象数据结构,作为程序设计语言的语义学基础,逻辑电路设计和编码理论等等,都需要代数知识。因此,有必要掌握它的重要概念和基本方法。

抽象代数广泛应用于理论物理、生物、结构化学及社会科学中。在研究形式语言与自动机理论、编码理论、关系数据库理论、抽象数据类型与表示理论、算法理论、网络与通信理论、Petri 网理论中,在描述机器可计算的函数、研究可计算性与计算复杂性、刻画抽象数据结构、研究程序设计学中的形式语义学中有十分广泛的应用。

2. 基本概念

(1) 代数系统

对于集合 A 和 B ,一个从 A^n 到 B 的映射称为集合 A 上的一个 n 元运算,如果 $B \subseteq A$,则称该 n 元运算是封闭的。

一个非空集合 A 连同若干个定义在该集合上的运算 f_1, f_2, \dots, f_k 所组成的系统就称为一个代数系统,记为 $\langle A, f_1, f_2, \dots, f_k \rangle$ 。

例如, R 是所有实数构成的集合(下面 R 的也都代表所有实数构成的集合),对于普通的加法运算和乘法运算, $\langle R, + \rangle, \langle R, \times \rangle, \langle R, +, \times \rangle$ 都是代数系统。

(2) 二元运算的一些性质

1) 二元运算的交换性

设 \otimes 是定义在集合 A 上的二元运算,如果对于 A 中任意元素 a 和 b ,都有 $a \otimes b = b \otimes a$,则称该二元运算 \otimes 是可交换的。

例如,普通加法和乘法运算在实数集、有理数集、整数集上都是可交换运算。

2) 二元运算的结合性

设 \otimes 是定义在集合 A 上的二元运算,如果对于任意的元素 a, b 和 c ,都有 $(a \otimes b) \otimes c = a \otimes (b \otimes c)$ 称该二元运算 \otimes 是可结合的。

例如,实数集中,普通加法与乘法都是可结合运算。

3) 二元运算的分配性

设 $\langle A, \oplus, \otimes \rangle$ 是含有两个二元运算的代数系统,如果满足 $a \otimes (b \oplus c) = (a \otimes b) \oplus (a \otimes c)$ 、 $(b \oplus c) \otimes a = (b \otimes a) \oplus (c \otimes a)$,则称运算 \otimes 对于运算 \oplus 是可分配的,或称 \otimes 对于 \oplus 满足分配律。

例如,代数系统 $\langle R, +, \times \rangle$ 中,乘法运算对于加法运算是可分配的,即

$$a \times (b + c) = a \times b + a \times c$$

4) 二元运算的一些特殊元素

① 等幂元

设 $\langle A, \otimes \rangle$ 是代数系统, a 是 A 中元素,如果 $a \otimes a = a$ 则称 a 为 $\langle A, \otimes \rangle$ 的等幂元。

例如,代数系统 $\langle R, + \rangle$ 中, 0 是仅有的等幂元;在 $\langle R, \times \rangle$ 中, 0 和 1 都是等幂元。

② 幺元

设 $\langle A, \otimes \rangle$ 是代数系统,如果 A 中存在着元素 e ,使得对于 A 中任意元素 a ,都有 $e \otimes a = a \otimes e = a$,则称 e 为 $\langle A, \otimes \rangle$ 的幺元。

例如,代数系统 $\langle R, + \rangle$ 中, 0 是幺元;在 $\langle R, \times \rangle$ 中, 1 是幺元。

③ 逆元

设 $\langle A, \otimes \rangle$ 是代数系统,且含有幺元 e ,对于 A 中元素 a ,如果存在着 $b \in A$,使得 $a \otimes b = e$ 、 $b \otimes a = e$,则称 b 为 a 的逆元,记作 $b = a^{-1}$ 。

例如,代数系统 $\langle R, + \rangle$ 中, 0 是幺元,实数 a 的逆元是 $-a$,即有 $a^{-1} = -a$ (注意,这里的 a^{-1} 表示“ a 的逆元”)。

④ 零元

设 $\langle A, \otimes \rangle$ 是代数系统,如果 A 中存在着元素 θ ,使得对于 A 中任意元素 a ,都有 $a \otimes \theta = \theta$ 、 $\theta \otimes a = \theta$,则称 θ 为 $\langle A, \otimes \rangle$ 的零元。

例如,代数系统 $\langle R, \times \rangle$ 中, 0 是零元。

(3) 特殊的代数系统

① 半群

设 $\langle A, \otimes \rangle$ 是代数系统,且二元运算 \otimes 满足:运算 \otimes 对于 A 是封闭的、运算 \otimes 是可结合运算,则称 $\langle A, \otimes \rangle$ 为半群。

例如,自然数关于加法构成半群。

② 独异点

含幺元的半群就是独异点。

例如,整数关于乘法的半群是个独异点(存在幺元,幺元为 1),但自然数加法半群不是独异点(因为加法运算的幺元要求为 0 ,但是 0 不是自然数,不属于自然数集合)。

③ 群

每一个元素都有逆元的独异点就是群。

例如,有理数关于加法构成群。

④ 有限群

在群 $\langle A, \otimes \rangle$ 中,若 A 是有限集,则称 $\langle A, \otimes \rangle$ 为有限群, A 中元素的个数称为群 $\langle A, \otimes \rangle$ 的阶数。当 A 为无限集时,称 $\langle A, \otimes \rangle$ 为无限群。

⑤ 交换群(阿贝尔群)

满足交换律的群。

⑥ 循环群

设 $\langle A, \otimes \rangle$ 是有限群,如果在 A 中存在着元素 a ,使得对于群 A 中的任意元素 g ,都有 $g = a^k$, k 是正整数,则称 a 为群 $\langle A, \otimes \rangle$ 的生成元,具有生成元的群称为循环群。

⑦ 置换群

称有限集上的双射函数为置换。称任意集合上的双射函数为变换。将 n 个元素的集合 A 上的置换全体记为 S ,那么称群 $\langle S, \otimes \rangle$ 为 n 次对称群,它的子群又称为 n 次置换群。

⑧ 环

如果代数结构 $\langle A, \oplus, \otimes \rangle$, $\langle A, \oplus \rangle$ 是阿贝尔群; $\langle A, \otimes \rangle$ 是半群。 \otimes 运算对 \oplus 运算可分配,即对任意元素 $a, b, c \in R$, $a \otimes (b \oplus c) = a \otimes b \oplus a \otimes c$, $(b \oplus c) \otimes a = b \otimes a \oplus c \otimes a$,则称代数结构 $\langle A, \oplus, \otimes \rangle$ 为环。

⑨ 域

如果 $\langle A, \oplus, \otimes \rangle$ 为一环,且 $\langle A - \{0\}, \otimes \rangle$ 为阿贝尔群,则称 $\langle A, \oplus, \otimes \rangle$ 为域, 0 为零因子。

例如,一正方形均分成4个小方格,用两种颜色对小格着色,每格一色,若把旋转后完全重合的方案看作是同一方案,问共有多少种不同的着色方案?

利用代数系统的相关知识后,可以得出有6种不同的着色方案的结论,如图4.25所示。



图 4.25 6 种不同的着色方案

例如,用3种不同颜色但形状大小一样的珠子装成3个珠子手链,假定经“中心旋转”或“对称线翻转”后完全相同的手链看作是一种装法,问总共有多少种不同装法(即不同配置的手链)?

可以计算出应有10种,其中三珠一色的3种;三珠异色的1种;三珠恰为二色的有 $3 \times 2 = 6$ 种。

但是随着珠子的增加和颜色的多样化,上述问题越来越复杂,人工不太可能计算这类问题了。但是通过利用一种特殊的代数结构——置换群后,很容易地解决这类问题。

4.3.5 图论

1. 图论简介

图论是以图为研究对象的数学分支。图论中的图指的是一些点以及连接这些点的线的总体。通常用点代表事物,用连接两点的线代表事物间的关系。图论则是研究事物对象在上述表示法中具有的特征与性质的学科。

图论起源于欧拉解决的哥尼斯堡七桥问题。在自然界和人类社会的实际生活中,用图形来描述和表示某些事物之间的关系既方便又直观。例如用工艺流程图来描述某项工程中各工序之间的先后关系,用网络图来描述某通信系统中各通信站之间信息传递关系,用开关

电路图来描述 IC 中各元件电路导线连接关系等等。

图论是建立和处理离散数学模型的一个重要工具,是一门应用性很强的学科,由于生产管理、军事、交通运输、计算机和通信网络等方面的大量问题的出现,大大促进了图论的应用。特别是电子计算机的大量应用,更使大规模图论问题的求解成为可能。实际问题如电网、交通网络、电路设计、数据结构以及社会科学中的问题所涉及的图形都是很复杂的,需要计算机的帮助才有可能进行分析和解决。作为描述事务之间关系的手段或工具,目前图论在计算机科学的许多领域——在电信网络、印刷电路板的设计、开关理论、图案识别、地图着色、数据结构、形式语言、故障诊断、人工智能、操作系统、编译程序的编写以及信息的组织与检索中——均起着重要的作用,扮演着越来越重要的角色,成为解决许多实际问题的基本工具之一。

图论研究的课题和包含的内容十分广泛,专门著作很多,很难在一本教科书中概括它的全貌。作为离散数学的一个重要内容,图论部分主要围绕与计算机科学有关的图论知识,介绍一些基本的图论概念、定理和研究内容,同时也介绍一些与实际应用有关的基本图类和算法,为应用、研究和进一步学习提供基础。

离散数学和数据结构中都有关于图的内容,但是离散数学的重点是图论的基本知识,而数据结构的重点则是如何存储图以及如何实现离散数学中学到的图论算法,图这一部分最好是学了离散数学中的图论再来学习数据结构中图的部分。

2. 基本概念

(1) 图

是一种由两个集合(即一个顶点集合和一个边集合)定义的抽象数据结构。图的形式化定义如下:

称 $G = \langle V, E \rangle$ 是一个图,如果① V 是一个非空有限集合,② E 是 V 中元素的无序或有序对所组成的有限集合。称 V 中的元素为图的顶点, E 中的元素为图的边。由定义可知,图 G 中的每条边都与图中的无序或有序顶点对相联系。

例如, $G_1 = \langle V, E \rangle$, 其中 $V = \{a, b, c, d\}$, $E = \{e_1, e_2, e_3, e_4, e_5, e_6\}$, $e_1 = (a, b)$, $e_2 = (a, c)$, $e_3 = (b, d)$, $e_4 = (b, c)$, $e_5 = (d, c)$, $e_6 = (a, d)$, 对应的图为图 4.26。

例如, $G_2 = \langle V, E \rangle$, 其中 $V = \{a, b, c, d\}$, $E = \{e_1, e_2, e_3, e_4, e_5, e_6\}$, $e_1 = \langle a, b \rangle$, $e_2 = \langle b, c \rangle$, $e_3 = \langle c, d \rangle$, $e_4 = \langle a, d \rangle$, $e_5 = \langle d, b \rangle$, $e_6 = \langle c, a \rangle$, 对应的图为图 4.27。

须注意,一个图的图形表示法可能不是唯一的。表示顶点的圆点和表示边的线,它们的相对位置是没有实际意义的,图形中两点之间的连接线的曲直长短无关紧要。因此,对于同一个图,可能画出很多表面不一致的图形来。例如,图 4.26 和 4.28 是 G 的两种图形表示。

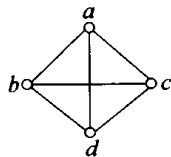


图 4.26 无向图

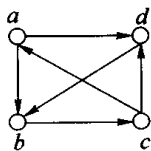


图 4.27 有向图

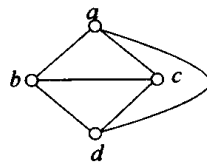


图 4.28 无向图的另一种表示

(2) 边的分类

① 无向边

若 E 中边 e 与顶点无序对 (u, v) 相对应,则称 e 是无向边,记 $e = (u, v)$,称 u, v 是 e 的两个端点。

② 有向边

若 E 中边 e 与顶点有序对 $\langle u, v \rangle$ 相对应, 则称 e 是有向边, 记 $e = \langle u, v \rangle$, 称 u 为 e 的始点, v 为 e 的终点。

以上两种情况下, 均称 e 与 u, v 是彼此关联的。

(3) 通路

给定图 $G = \langle V, E \rangle$, 设 $v_0, v_1, \dots, v_n \in V, e_0, e_1, \dots, e_n \in E$, 其中边 e_i 与顶点 v_{i-1}, v_i 关联, 顶点和边的交替序列 $v_0 e_0 v_1 e_1 \dots e_n v_n$ 称为联结 v_0 到 v_n 的通路。 v_0, v_n 分别称为通路的起点(始点)和终点, 若起点和终点一样, 则这条通路称为回路。

(4) 图的分类

① 无向图

每条边均为无向边的图称为无向图, 如图 4.26 所示。

② 有向图

每条边均为有向边的图称为有向图, 如图 4.27 所示。

③ 混合图

有些边是无向边, 有些边是有向边的图称为混合图。

(5) 特殊的图

① 欧拉图

1736 年瑞士数学家欧拉研究了哥尼斯堡七桥问题后, 写了第一篇关于图的研究论文, 被公认为图论的创始人。

哥尼斯堡七桥问题的描述是: 哥尼斯堡城市有一条横贯全城的普雷格尔河, 河中两个岛 A、B, 把市区分为了 4 块陆地 A、B、C、D, 城的各部分用七座桥连接, 如图 4.29 所示。每逢假日, 城中居民进行环城逛游, 这样就产生了一个问题, 能不能设计一次“遍游”, 使得从某地出发对每座跨河桥只走一次, 再回到原地。

哥尼斯堡七桥问题看起来不复杂, 因此吸引了很多人的注意, 但是实际上很难解决。

欧拉把七桥问题抽象成数学问题——一笔画问题, 所谓一笔画问题是指“什么样的图形可以一笔画成, 笔不离纸, 而且每条线都只画一次不准重复”。欧拉将 4 块陆地表示成 4 个顶点, 桥看成是对应顶点之间的连线, 如图 4.30 所示, 则哥尼斯堡七桥问题就变成了: 从 A、B、C、D 任一点出发, 判断通过每边一次且仅一次返回原出发点的路线(回路)是否存在? 欧拉给出了一笔画问题的判别准则, 从而判定七桥问题不存在解, 并由此引出欧拉图等概念。

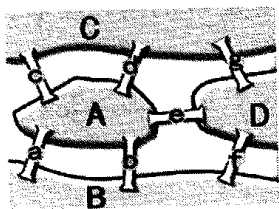


图 4.29 哥尼斯堡七桥问题

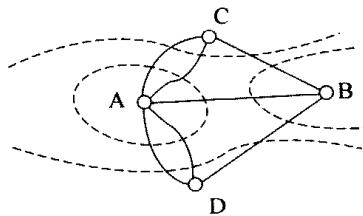


图 4.30 七桥问题抽象成数学问题

给定无孤立顶点图 G , 若存在一条路, 经过图中边一次且仅一次, 该条路称为欧拉路; 若存在一条回路, 经过图中边一次且仅一次, 该回路称为欧拉回路。具有欧拉回路的图称作欧拉图。

例如,图 4.31 无欧拉回路,不能一笔画成;图 4.32 具有欧拉回路,可一笔画成。

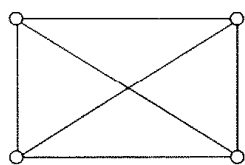


图 4.31 无欧拉回路

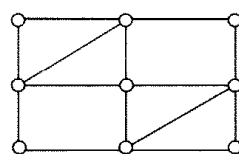


图 4.32 有欧拉回路

② 哈密顿图

哈密顿图问题起源于 1859 年威廉·哈密顿爵士(Sir William Hamilton)发明的一个小玩具,这个小玩具是一个木刻的正十二面体,每面系正五边形,三面交于一角,共有 20 个角,每角标有世界上一个重要城市,如图 4.33 所示。他提出一个问题:要求沿正十二面体的边寻找一条路通过 20 个城市,而每个城市只通过一次,最后返回原地。哈密顿将此问题称为周游世界问题。

上述周游世界问题用图论描述为:能否在图 4.34 所示的图中找到一条包含所有顶点的回路,按照图中所给城市的编号,很容易找到一条从顶点 1 到 2,再到 3,到 4……,最后到达 20,再回到 1 的包含图中所有顶点的回路。这个问题也称作环球旅行游戏,该游戏曾风靡一时,有若干个解,并引出了哈密顿回路、哈密顿路、哈密顿图等概念。

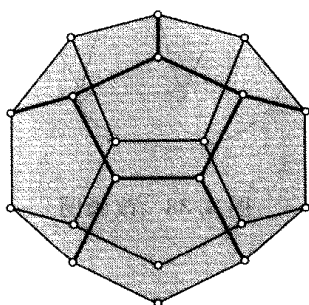


图 4.33 正十二面体

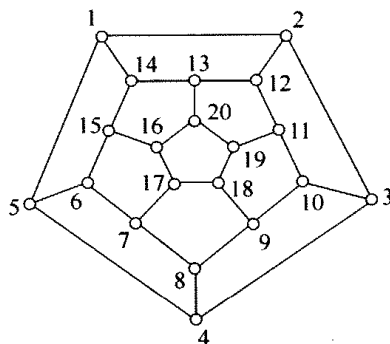


图 4.34 周游世界问题

给定图 G ,若存在一条路经过图中的每个顶点恰好一次,这条路称作哈密顿路。若存在一条回路,经过图中的每个顶点恰好一次,这条回路称作哈密顿回路。具有哈密顿回路的图称作哈密顿图。

例如,图 4.35 无哈密顿回路;图 4.36 具有哈密顿回路。

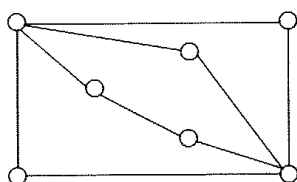


图 4.35 无哈密顿回路

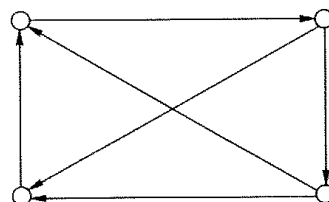


图 4.36 有哈密顿回路

哈密顿图与欧拉图的区别只在于边与顶点的区别,欧拉图是每边经过一次,哈密顿图是每顶点经过一次。关于欧拉图,已经满意地解决了这个问题,而哈密顿图,遗憾的是,直到

目前,虽然找到了一些判断哈密尔顿图的充分条件和一些必要条件,但是还没有找到哈密尔顿图的令人满意的充分必要条件,在大部分情况下,还是采用尝试的办法。寻找充分必要条件是图论中的一个难题。

另一个与哈密尔顿回路密切相关的难题是货郎担(又称 TSP)问题,这个问题又称为旅行推销员问题,一般提法是一位货郎从驻地出发要到各村去售货,再回到原驻地,每个村子都要跑遍,为其设计一条路线,使得旅行售货的时间最短。从货郎担问题的概念来看它的本质是哈密尔顿回路的应用与延伸,若把城市作为一个顶点,哈密尔顿回路只要求过每一个顶点一次且仅一次,而货郎担回路是经过每个村子至少一次必要时允许重复通过。

③ 平面图

有时候,实际问题要求我们把图画在平面上,使得不是节点的地方不能有边交叉,这就引出了平面图的相关问题。

设 $G=\langle V, E \rangle$ 是一个无向图,如果能够把 G 的所有顶点和边画在平面上,且使得任何两条边除了端点外没有其他的交点,就称 G 是一个平面图。

例如,图 4.37 是平面图,因为它可以改画为图 4.38,该图中除了端点外没有其他的交点。

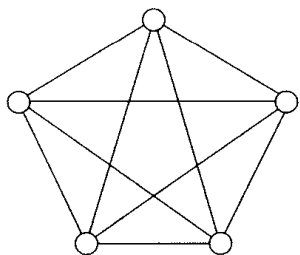


图 4.37 平面图

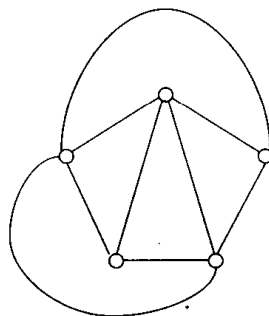


图 4.38 改画图

图 4.39 不是平面图,因为无论怎么改画,图中都会存在交点。

许多实际问题可以抽象为这样的模式:在一些表示客体的顶点之间“布线”,以建立它们之间的某种联系,要求这些线在一个平面上而又不相互交叠。这是典型的平面图规划问题。

例如,有 3 座城市 C_1, C_2, C_3 , 要修建高速公路与另外 3 座城市 C_4, C_5, C_6 , 直接相连通。能否设计一个公路网使任意两个高速公路之间彼此不交叉? 这是一个涉及交通方面的问题。用顶点代表城市,两城市之间修建高速公路,则在它们之间连一条无向边。图 4.40 所示是一个存在交叉的设计方案。通过分析和证明,该问题不可能不存在交叉,即两个高速公路之间必有交叉。

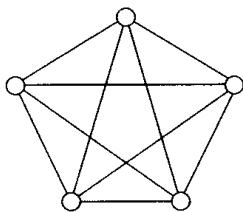


图 4.39 非平面图

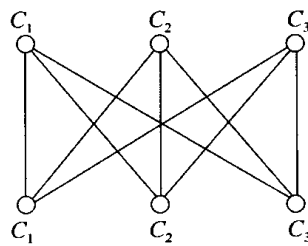


图 4.40 存在交叉的设计方案

例如,在一块地上盖有 3 座房子,并且挖了 3 口井供房主人使用。由于土质和气候等关系,这些井中的这一个或那一个常常干枯。因此各座房子的主人有时要到这口井去打水,有时要到那口井去打水,3 口井都可能需要去。不久,这 3 座房子的主人相互间变成了冤家,于是决定修建各家通往 3 口井的小道,使得他们在去 3 口井的途中不会相遇。你能否帮他们设计整个的道路线,满足他们的要求?

平面图判断问题,在数学上已由波兰数学家库拉托夫斯基(Kuratowski)于 1930 年解决。库拉托夫斯基定理给出的充要条件看似简单,但实现起来很难。

还有平面图的着色问题。1852 年数学家弗兰西斯·葛斯里提出了与英国地图的染色有关的猜想。画在纸上的每张地图只需用 4 种颜色就能使具有共同边界的国家染有不同的颜色。即如果一个图被任意划分,并把各部分染上不同的颜色,使得具有公共边界线的各部分都有不同颜色,可望四色足够而不必更多。1976 年,四色问题解决了。许多数学家花了一百多年的时间去证明这句听起来似乎简单的猜想,结果都白费力气,所以该证明引起了数学界的兴趣。然而该成果使一些数学家多少有点沮丧的感觉,因为这个证明破天荒地使用了计算机的计算;Apple、Haken 和 Koch 用了一百多亿次逻辑判断,花了 1200 多机时给出了四色猜想的证明,证明的正确性如不借助于计算机就无法检验。四色问题的简短证明可能有朝一日终会被发现,也许出自一位天才的大学生之手,这种机会永远不能排除。

由上几例,可以看出图论的应用范围非常广泛。许多离散的问题都可用图建立模型。为了建立图的模型,要确定顶点和边各代表什么。一般的做法是用边来代表顶点之间的联系。

事实上,任何一个包含了某种二元关系的系统都可以用图形来模拟。由于我们感兴趣的是两对象之间是否有某种特定关系,所以图形中两点之间连接与否最重要,而连接线的曲直长短则无关紧要。由此经数学抽象产生了图的概念。研究图的基本概念和性质、图的理论及其应用构成了图论的主要内容。

4.3.6 离散数学中的证明方法

数学推理是学习数学中不可避免的。证明的过程往往表现为一系列的推理,也就是把新的命题(论题)与已确定的有关命题和概念(论据)关联起来,通过对它们的重新组织,运用一系列的推理形式而使新命题结论的真实性得以确立的过程。

离散数学的证明题是非常多的,但是题目的种类却很有限,而且方法性是很强的。如果知道一道题用什么方法讲明,则很容易可以证出来,否则就会事倍功半。所以在学习过程中,不能仅以看懂证明为目的,更应该了解证明的思路。这样才能在解决新问题时才不至于无法下手。

在离散数学中证明问题常用的有以下方法:

1. 直接证明

直接证明法是最常见的一种证明的方法,它通常用作证明某一类事物具有相同的性质,或者符合某一些性质的必定是某一类事物。

直接证明法有两种思路。第一种是从已知的条件来推出结论,即看到条件的时候,并不知道它可以怎样推出结论,这时则可以先从已知条件按照定理推出一些中间条件(这一步可能是没有目的的,要看看从已知条件中能够推出些什么),接着选择可以推出结论的那个条件继续往下推演。另外一种是从结论反推回条件,即看到结论的时候,首先要反推一下,看看从哪些

条件可以得出这个结论(这一步也可能是没有目的的,因为并不知道要用到哪个条件),以此类推一直到已知条件。通常这两种思路是同时进行的。

2. 反证法

反证法适用于证明那些“存在某一个例子或性质”、“不具有某一种的性质”、“仅存在唯一”等的题目。反证法也称归谬法是一种常用的数学证明方法。

反证法的方法是首先假设一个与原命题相反的命题成立,然后根据这个否命题和已知条件进行推演,直至推出与已知或假设条件公理已证过的定理等相互矛盾或自相矛盾的结果,则认为假设是不成立的,因此命题得证。

3. 构造法

证明“存在某一个例子或性质”的题目,可以用反证法,假设不存在这样的例子和性质,然后推出矛盾,也可以直接构造出这么一个例子就可以了,这就是构造法。通常这样的题目在图论中多见。值得注意的是,有一些题目其实也是本类型的题目,只不过比较隐蔽罢了。

构造法是一种富有创造性的解题方法。在离散数学课程的整个学习过程中,经常强调具有构造性特点的一系列问题解决方法,因此它非常重视“能行性”的研究,在离散数学的证明题中,如果采用构造法证明,则证明的过程往往就是对解题算法的描述。

4. 数学归纳法

数学归纳法是一种用于证明与自然数有关的命题正确性的证明方法,该方法能用有限的步骤,解决无穷对象的论证问题,数学归纳法广泛地应用于计算理论研究之中,如算法的正确性证明,图与树的定理证明等方面。

做这一类型题目的时候,要注意所要归纳内容的选择。

数学归纳法由归纳基础和归纳步骤两个部分组成。其基本原理如下:

假定对一切正整数 n , 有一个命题 $P(n)$, 若以下证明成立, 则 $P(n)$ 为真。

① 归纳基础证明 $P(1)$ 为真;

② 归纳步骤证明对任意的 $i \geq 1$, 若 $P(i)$ 为真, 则 $P(i+1)$ 为真。

习 题

1. 判断下列语句是否是命题。

(1) $a+b$

(2) $x > 0$

(3) “请进!”

(4) 所有的人都是要死的,但有人不怕死。

(5) 我明天或后天去苏州的说法是谣传。

(6) 如果买不到飞机票,我哪儿也不去。

(7) 如果只有懂得希腊文才能了解柏拉图,那么我不了解柏拉图。

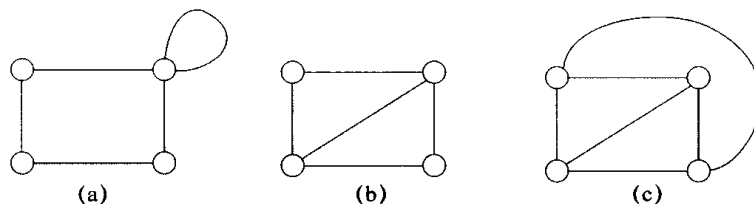
2. 将下列命题符号化。

(1) 李平既聪明又用功。

(2) 刘亮虽然聪明,但不用功。

(3) 小明学过英语或日语。

- (4) 如果天不下雨,我就骑车上班。
- (5) 小王是游泳冠军或百米赛跑冠军。
- (6) $2+2=4$ 当且仅当 3 不是奇数。
3. 设 $A=\{0,1\}, B=\{a,b,c\}$, 求 $A \times B, B \times A, B \times B$ 。
4. 设 $A=\{1,2,4,6\}$, 列出下列关系 R :
- (1) $R=\{\langle x,y \rangle \mid x,y \in A \wedge x+y \neq 2\}$
- (2) $R=\{\langle x,y \rangle \mid x,y \in A \wedge |x-y|=1\}$
5. 设 R 是集合 A 上的等价关系, 则 R 所具有的关系的 3 个特性是什么? 并给出这 3 个特性的各自含义。
6. 设无向图 $G=(V,E), V=\{v_1, v_2, \dots, v_6\}, E=\{(v_1, v_2), (v_2, v_2), (v_2, v_4), (v_4, v_5), (v_3, v_4), (v_1, v_3), (v_3, v_1)\}$, 请画出 G 所对应的图。
7. 判断下列图中哪些是欧拉图? 哪些是哈密尔顿图?



4.4 操作系统

操作系统的产生是计算机发展的必然结果,它伴随着计算机系统及其应用的日益发展而逐渐发展和不断完善。它的功能由弱到强,在计算机系统中的地位不断提高,至今已成为计算机系统控制中心,是今天计算机系统中不可或缺的部件。本节将集中阐述操作系统在计算机系统中的地位和作用、操作系统历史的演变过程以及操作系统的基本概念等问题,使读者对操作系统有一个直观的认识。并使读者对不同类型操作系统的基本特征、操作系统主要研究的问题、今后的发展动向有初步的了解。

4.4.1 操作系统的地位

计算机系统由硬件和软件两个部分组成,硬件指的是组成计算机必须配备的全部设备,它构成计算机系统的物质基础,是进行信息处理的实际物理装置;但是只有硬件而无软件的计算机是无法正常工作的,就像一个只有躯体而没有灵魂的人。如果要用户直接使用这种没有安装任何系统软件的计算机系统是不可想象的。

一般终端用户通常不必考虑计算机本身的设计,只是借助应用程序与计算机系统交互。如果一个人想通过一系列机器指令来开发应用程序,而这些应用程序又全权控制计算机硬件,那么,等待他的将是一个十分庞杂的工作,不但大大增加用户使用计算机的难度,而且难以充分发挥计算机系统的性能。为简化上述工作,一系列系统程序则应运而生,如各种语言程序、系统维护程序等,这些系统程序是一个计算机系统所必须配置的程序和数据的集合。在这些系统程序中,最基本、最重要的是操作系统,它充当计算机系统管理者的角色,没有操作系统,

其他任何程序都不能运行,甚至计算机也不能工作。

没有任何软件支持的计算机称为裸机(Bare Machine),它仅仅构成了计算机系统的物质基础,而实际上,用户使用的计算机系统是经过若干层软件改造的计算机。图 4.41 展示了这种情形。

由图 4.41 可看出,计算机的硬件和软件以及应用程序之间是一种层次结构的关系。裸机在最里层,它的外面是操作系统,经过操作系统提供的各种服务功能把裸机改造成为功能更强、使用更为方便的机器,通常称之为虚拟机或扩展机,而各种实用程序和应用程序运行在操作系统之上,它们以操作系统作为支撑环境,同时又向用户提供完成其作业所需的各种服务。

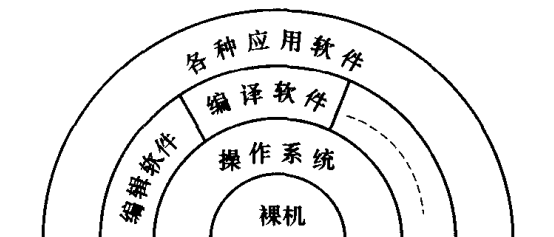


图 4.41 计算机系统的层次结构

在计算机上完成的绝大部分任务都会涉及需要操作系统完成的工作。例如,当希望继续以前没完成的文档编辑时,操作系统必须能从硬盘中找到文字处理程序如 Word 和相应的文档文件,并将它们载入内存。当文字处理程序完成它的处理任务,操作系统作为一个管理者,从始至终监控着文档编辑的每一步,以确保该应用不会进行一些非法操作从而破坏其他系统资源。如果发生了非法操作,操作系统将试图结束这个错误的操作,以将其对系统其他部分的影响尽量降至最低。

简言之,操作系统具有如下特点:

① 操作系统是预先编写好的、存放在计算机硬件上的程序包。其中一部分程序在开机时自动运行,另一部分在用户选中使用时,才被调入内存执行。

② 操作系统最主要的任务是管理和控制系统资源,这些资源包括计算机中的硬件、软件、数据等各种资源。

③ 操作系统提供了方便用户使用计算机的友好界面。如 Windows 系列操作系统提供的图形界面,使得用户只需点击鼠标即可轻松完成各种操作。

④ 操作系统协调计算机的各种动作。计算机的运行实际上是计算机的各种硬件按照一定的时间顺序,先后动作的集合,而操作系统的一个作用就是协调系统中的各种硬件的动作,并确保用户要求的所有动作都是有效的。

综上所述,可以把操作系统定义为:操作系统是控制和管理计算机系统的硬件和软件资源,合理组织计算机的工作流程以及提供给用户友好界面的程序集合。

4.4.2 操作系统的发展

伴随着计算机系统的发展,操作系统也有它的诞生、成长和发展的过程。操作系统的许多基本概念都是在操作系统的发展过程中出现并逐步得到发展和成熟的。为了更清楚地把握操作系统的实质,了解操作系统的发展是很有必要的。

1. 手工操作——操作系统的史前文明

第一代电子管计算机是由成千上万的电子管和许多开关组成的庞然大物。这个阶段,程序设计全部采用机器语言,通过直接连线来控制其基本动作和实现相应的功能,计算机的结构比较简单,也谈不上有什么操作系统。

在一个程序员上机期间,整台计算机连同附属设备全被其占用。计算机使用效率非常低下。其特点是手工操作,系统资源独占。尽管后来人们开发了汇编语言及汇编程序以及其他一些外部设备管理程序,但这些改进仍然属于这一阶段。

2. 监督程序(早期批处理)——操作系统的雏形

20 世纪 50 年代后期,计算机的运行速度有了很大提高,手工操作的慢速度和计算机的高速度之间就形成了矛盾。尽可能提高计算机的利用率成了十分迫切的任务。唯一的解决办法是摆脱人的手工操作,实现计算机运行不同作业的自动过渡。另外,高级语言的诞生,使得操作人员和程序人员之间第一次有了明确的分工。基于上述条件和需求,一般都首先配备专门的计算机操作人员,程序员不再直接操作机器,以减少操作机器的人为错误。其次操作员把用户提交的作业分类,如把一批要求类似的作业编成一个作业执行序列,然后一起提交。每一批作业将由专门编制的监督程序自动依次处理。这样就出现了批处理。

早期批处理的缺点是:对于以计算为主的作业,输入/输出量少,输入/输出设备经常空闲;然而对于以输入/输出为主的作业,主机又会经常空闲。

3. 多道批处理——现代意义上的操作系统的出现

计算机进入第三代以后,系统软件有了很大发展,它的作用也日益显著。与此同时,硬件也有了很大的发展,特别是主机容量增大,又出现了大容量的辅助存储器——磁盘以及协助 CPU 专门管理输入/输出的通道等技术。这一切使得计算机体系结构发生了很大变化。以中央处理器为中心的结构改变为以主存为中心。而通道使得输入/输出操作与 CPU 操作并行处理成为可能。操作系统也随之发生相应的变化,实现了在硬件提供的并行处理之上的多道程序设计。

所谓多道是指系统允许多个程序同时存在于主存之中,由中央处理器以切换方式为不同程序服务,使得多个程序可以同时运行。计算机资源不再是被一个用户独占,而是同时为几个用户共享,从而极大提高了系统在单位时间内处理作业的能力。这时,管理程序已迅速地发展成为一个重要的分支——操作系统。

4. 分时与实时系统的出现——操作系统步入实用化

早期的单道批处理用户独自占用资源,虽然可以控制程序的运行,但造成了计算机效率低下;而多道批处理提高了计算机的效率,却使用户在提交作业以后就完全脱离了自己的作业,在作业运行过程中,不管出现什么情况都不能加以干涉,只有等该批作业处理结束,用户才能得到计算结果。这时既能保证计算机效率,又能方便用户使用,成为一种新的追求目标。20 世纪 60 年代中期,计算机技术和软件技术的发展使这种追求成为可能。由于 CPU 速度不断提高和采用分时技术,出现了分时系统,一台计算机可同时连接多个终端用户,而每个用户可在自己的终端上联机使用计算机,好像自己独占机器一样。

多道批处理系统和分时系统的出现标志着操作系统的成熟。计算机又成功地用于工业过程控制、军事实时控制、航空航天、金融等领域,便出现了操作系统的另一重要分支——实时系统。

5. 当代操作系统的两大发展方向——宏观应用与微观应用

在当代,操作系统的发展正呈现更加迅猛的发展态势。从规模上看,操作系统正向着大型和微型两个不同的方向发展着。大型系统的典型是分布式操作系统和网络操作系统;而微观系统的典型则是嵌入式操作系统。

4.4.3 操作系统的分类

市场为用户提供了多种可供选择的操作系统,因为人们的需求和兴趣各不相同,所以不同的操作系统存在着较大的差别。

根据处理方式、运行环境、服务对象和功能的不同,通常可将操作系统分为批处理系统、分时系统和实时系统 3 种主要类型,此外还有近几年发展起来的网络操作系统和分布式操作系统。批处理系统、分时系统和实时系统的运行环境是单计算机系统(单 CPU 系统),而网络操作系统和分布式操作系统的运行环境是多计算机系统。

1. 批处理系统

批处理系统的主要特征是“批量”,它可分为单道批处理系统和多道批处理系统。单道批处理系统一次只能支持一个用户作业运行,在单道批处理系统之下,对用户作业的处理过程是:操作员接收到一批用户作业放在外存,由操作系统自动一次调用一个作业进入主存运行。这种处理方式减少了人工上机操作的干预时间,提高了资源利用率。但中央处理器 CPU 在运行一个作业时,若该作业有输入/输出请求,那么 CPU 就必须等输入/输出结束,这就意味着 CPU 在很长一段时间内是空闲的。它是早期的批处理系统。

在多道批处理系统之下,对用户作业的处理过程是:

- ① 用户准备好自己的作业,包括程序、数据和说明作业如何运行的作业说明书,然后提交给计算中心的操作员。
- ② 操作员等到作业达到一定数量后,开始将作业成批、按时输入到二级存储器上备用。
- ③ 当系统需要调入新作业时,其作业调度程序按照一定的调度策略,从后备作业中选取若干个经过适当搭配的作业,把它们调入内存准备运行,对作业进行搭配的目的使它们在资源的使用上较为均衡。
- ④ 进入内存中的作业按交替、穿插的方式运行(即宏观上并行,微观上串行)。
- ⑤ 当一个作业完成时,系统作善后处理,并收回它占用的全部资源。

由此可见,多道批处理系统可以弥补单道批处理系统的不足,并能实现计算机工作流程的自动化,因具有资源利用率高、作业吞吐量大等优点,故在一些计算中心的大、中型计算机系统中,大都配置有这种操作系统。OS/360 MVT 是典型的多道批处理系统。然而,从用户的角度上看,多道批处理系统还存在如下问题:

首先,在作业的运行过程中用户不能干预自己的作业运行,直到作业运行结束。若在作业运行时出现预料之外的情况,将无法及时采取必要的措施,只有等待该作业下次上机运行时才能予以处理。

其次,由于是成批处理,所以从作业提交到用户拿到运行结果需要一个等待周期,即便是仅需运行三五分钟的用户作业也须进行等待,这对某些用户来说,显然是不经济的。

2. 分时系统

多道批处理系统的出现有效地提高了系统资源的利用率,但是丢失了手工操作阶段的“交

互性”优点,用户一旦把作业交给批处理系统,便不能再以“会话”方式控制作业运行了。所以使用户在一定程度上感觉不方便,首先是用户的答题周期拉长了,用户向机房提交的作业往往需要几经反复才能获得所需结果;其次是作业运行过程中失掉了人的主观能动作用。按照手工操作方式答题,程序员可以观察程序的运行情况,一旦发现错误可以随时设法改正。“方便用户”也是操作系统追求的重要目标之一。所以在这一阶段很快出现了大批以多道程序设计技术为基础的交互式系统,如分时系统。

所谓分时,是指按一定的时间间隔使若干个用户分享计算机系统的资源,以实现多个用户同时使用一台计算机的目的。众所周知,一个现代计算机系统的 CPU 可同时挂接若干台终端设备(每台终端设备通常都具有键盘和屏幕显示装置,它既是一个输入/输出设备,也可作为用户使用计算机的控制台)。用户通过所占用的终端键盘将其程序、数据和控制命令输入给系统,而用户作业的执行情况及计算结果等信息可在相应的屏幕上显示,即每个用户通过所占用的终端设备联机地使用计算机,如图 4.42 所示。系统则按某种规则将 CPU 机时划分为极小的区间,称为时间片,一个“时间片”一般是几十微秒到几十毫秒。在一个分时系统中,往往要连接几十甚至上百个终端,每个用户在自己的终端上控制其作业的运行。通过操作系统的管理,将 CPU 轮流分配给各个用户使用,如果某个用户作业在分配给它的时间片结束时,整个任务没有完成,则该作业暂停下来,等待系统再分配给它另一个时间片继续执行。此时的 CPU 被分配给另一个用户作业。由于计算机的处理速度很快,只要时间片间隔合适,那么从一个作业用完分配给它的时间片到得到下一个时间片,中间虽然有一个等待时间间隔,但用户难以察觉。用户感觉不到还有其他用户存在,似乎整个系统都为他自己独占。UNIX 是目前广泛使用的一个分时操作系统。

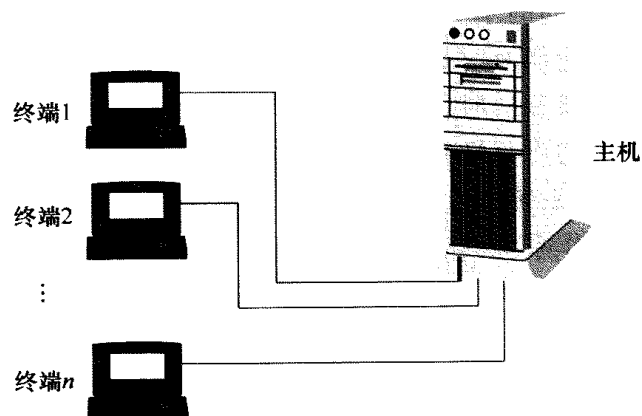


图 4.42 分时系统示意图

分时系统具有以下几个基本的特点:

- ① 多路性:一台计算机可以挂上几个控制台和上百个终端,每个用户都可在一台终端或控制台上控制他的作业运行,这样使许多联机用户可以同时使用一台计算机。
- ② 交互性:用户通过终端可以直接控制自己的程序运行,实行人-机对话。
- ③ 独占性:对用户来说,彼此之间感觉不到别人也在使用同一台计算机。

3. 实时系统

随着计算机的不断普及、发展,计算机的应用领域日益扩大。20 世纪 60 年代后期,计算机已广泛地应用于工业控制、军事控制以及商业事务处理等领域。这类新出现的应用领

域对计算机系统提出了新的要求,希望系统对来自外部的信息能在规定的时限内做出处理。这就出现了实时操作系统。

所谓“实时”,可理解为立即、及时的意思。实时系统是指能及时地对外部请求事件作出响应,并能在限定的时间内完成对输入信息的处理和送出结果的系统。至于所限时间的长短,不同的系统可以有不同的要求,这主要取决于系统的使用环境以及对象本身的技术性能。

实时系统一般采用事件驱动的设计方法,这类“实时”可分为两类:实时控制系统和实时信息处理系统。

第一类应用是把计算机用于诸如飞行器的飞行自动控制,如飞机飞行、火箭发射等,在这种应用中,计算机要对测量系统所测得的数据及时地处理,并及时地输出,以便对被控目标进行及时控制或向控制人员显示结果。类似地,把计算机用于工业控制,如用计算机控制炼钢,这时计算机要将传感器定时送来的“炉温”数据及时处理,然后控制相应的机构使得炉温按照一定的规律变化。这类应用被称为“实时控制”。

第二类应用是把计算机用于诸如民航订票、国际旅行社及大型金融机构的业务处理等部门时,计算机系统须对各个终端设备(包括远程终端设备)发来的服务请求(如咨询航班、航线、订票、包房、转账等)及时作出响应,并在限定的时间内处理完毕,把结果通知对方,不然就会造成信息的丢失。计算机的这类应用统称为实时信息处理,而相应的系统称为实时信息处理系统。

实时系统大多具有专用性,其种类、规模以及对实时性的要求程度各不相同。但是对于大、中型实时系统绝大部分都以多道程序设计技术为基础,因而在资源管理、并发控制等方面与其他类型的系统具有相同的基本特性。实时系统与其他类型系统的本质差别在于实时系统的及时性,即实时系统应能及时地响应外部事件的请求并在严格规定的时间内完成对该事件的处理,控制实时设备和实时任务协调一致地运行。实时系统不具备分时系统那样强的会话能力,但它对系统的可靠性和安全性要求较高。

以上介绍的是当前操作系统的3种基本类型。这3类操作系统有各自明显的特点及使用场合。然而,为了使操作系统具有更强的功能和通用性,在设计一个操作系统时,往往使它们兼有上述基本类型的两种乃至3种。例如,UNIX操作系统,兼有分时处理、实时处理、多道批量处理的功能,或既有实时处理也有多道批量处理的功能。具体的实现方法通常是将作业的处理分为前台和后台两个部分,前台采用分时或实时处理的方式处理来自用户终端设备提交的作业,后台采用成批处理的方式处理后台作业。前台作业的优先级比后台作业的优先级高,总是得到优先处理,即当没有前台作业时CPU转入后台进行作业的处理,而当有高优先级的前台作业出现时,后台作业将被中断,CPU转向前台处理。这样,既可保证实时或分时操作得到及时响应,又提高了系统资源的利用率。

4. 网络操作系统

用通信线路将多台计算机相互连接起来组成的系统称为计算机网络。网络中的计算机可以是同型的,也可以是异型的;在地域上可以同处一地,也可以分散布置在相距很远的各个地方。发展计算机网络的目的在于使网络用户共享计算机网络中的各种资源,充分发挥资源的效益。

为计算机网络配置的操作系统,就是网络操作系统,例如 Novell NetWare。网络操作

系统远比通常单机的操作系统复杂,这是因为网络中单机安装的操作系统,在种类和功能上可能各不相同。单机上的操作系统只控制本地计算机的行为,而网络操作系统要具有控制网络资源的权利。因此,为了在不同计算机或终端之间正确地实现通信,就必须确定一套全网共同遵守的约定,即共同约定信息的格式、信息内容及传输的顺序等事项,称为通信协议,通信协议由网络软件执行。严格地说,网络操作系统是指在一般操作系统的基础上增加遵守同样的通信协议的通信程序,从而在不同机器之间提供多种网络服务。

可见,计算机网络是在计算机技术和通信技术高度发展的基础上相互结合的产物,网络操作系统应具有下述四方面的功能:

① 网络通信。这是网络的基本功能,其任务是在源主机和目标主机之间实现无差错数据传输。为此,应有的主要功能包括:路由选择、通信链路的建立和拆除、传输控制、差错控制、流量控制等。

② 资源管理。对网络中的资源(硬件资源和软件资源)实施有效的管理、协调诸用户对共享资源的使用。典型的共享资源有:打印机、硬盘、文件和数据等。

③ 网络服务。为方便用户,网络操作系统必须提供多种网络服务,如远程作业录入服务、电子邮件服务、文件传输服务、共享硬盘服务等。

④ 网络管理。除进行全网的资源管理外,网络操作系统还应有一套确保网络可靠性、安全性的措施。一般通过“存取控制”来确保存取数据的安全性;通过“容错技术”来保证系统故障时数据的安全性。此外,还应能对网络性能进行监视、对网络资源使用情况进行统计等功能。

5. 分布式操作系统

分布式操作系统是相对于集中式处理系统而言的。以往的计算机系统均是集中式处理系统,其处理和控制功能都高度地集中在一台主机上,即所有任务都由主机处理。

分布式操作系统则代表了当前分布式网络的应用,在分布式系统中,系统的处理和控制功能都分散在系统的各个处理单元上。系统中的所有任务被划分成若干个子任务,这些子任务动态地被分配到各个处理单元上去,使它们并行执行,实现分布处理。即每一台机器都专门负责特定的一部分功能,然后几台机器通过通信程序互相紧密合作,构成一个统一的、强大的操作系统。

例如,一个程序中的各个子程序可分别指派给各处理机去处理,也可以按功能让各处理机分别处理一道程序的各个阶段。当然,任务的自动调度与动态分配、各种资源的管理,都是在统一的操作系统控制之下进行的。

可见,分布式操作系统的主要特点在于将其功能加以划分,使每一处理机完成指定的一部分功能,而所有系统任务可在任一处理机上运行,从而具有高度的并行性和协作性。当然系统应提供有效的同步方法。

4.4.4 操作系统的功能

至此,读者对操作系统是做什么的以及它们之间的不同有了大概的了解。从上面的讨论已经看到,在多道程序环境下,一个用户作业从输入计算机到输出结果,直至作业完成,始终是在操作系统的控制和管理之下进行的。因此,为了使计算机系统能协调、高效和可靠地进行工作,在计算机操作系统中,通常都设有处理机管理、存储器管理、设备管理、文件管理

等功能模块;除此之外,为了用户方便使用计算机,操作系统还应提供一个方便和友好的使用计算机的环境,即接口。它们相互配合,共同完成操作系统既定的全部职能。对这些模块功能大小的不同规定、工作策略的不同选取,就构成了不同规模、不同类型的操作系统。除此之外,操作系统还把许多系统软件,如汇编程序、各种高级语言的编译程序、连接程序、调试程序、数据库管理系统及某些应用软件等置于自己控制之下,供用户使用。下面将详细讨论操作系统的主要功能。

1. 存储器管理

主存储器是计算机系统的重要资源,它为操作系统、各种系统程序和用户程序所共享,任何程序的执行最终都要从主存中存取指令和数据,都必须和主存打交道。操作系统中的存储管理主要是指对主存的管理,执行此项任务的是存储管理程序。

为了支持多道程序运行,存储管理必须能实现内存自动分配、内存保护、地址映射、内存扩充等功能。

(1) 内存自动分配

程序应该能够按要求的等级动态分配到存储区,这个过程对程序员是透明的。这样,程序员就不必关心存储区的限制,由操作系统根据任务的需求分配存储器。即内存分配的主要任务就是为每道程序分配内存空间,使它们“各得其所”,有条不紊地完成自己的任务。

(2) 内存保护

当多个程序争夺有限的内存资源时,除了要为各个程序分配好内存空间,另一方面还要保证各个程序所占用的存储空间互不冲突,放在内存中的数据不会遭到破坏。

(3) 地址映射

在多道程序环境下,地址空间中的逻辑地址空间(应用程序经编译、链接后形成的可装入程序地址)和内存空间中的物理地址是不可能一致的,因此,存储管理必须提供地址映射功能,将地址空间中的逻辑地址转换为与之对应的物理地址。

在此,有必要引入逻辑地址和物理地址的概念。众所周知,用户的源程序是分别、独立地进行编译或汇编的,因为在编译或汇编时并不知道尔后它们的目标程序将置于内存的哪个位置上运行,因而也就无法在此时为其中的指令和数据指派实际的存储单元。通常的做法是,在编译程序或汇编程序产生目标代码时,仅给所生成的各个模块中的指令和数据配以相对地址,即相对于各自模块的基地址 0 开始编址,即 0,1,2,...,这样形成的相对地址称为逻辑地址,一个程序全部的逻辑地址所组成的空间称为逻辑地址空间。

内存实际的地址称为物理地址,所有物理地址组成的空间称为物理地址空间。

(4) 内存扩充

由于物理内存容量有限,当其容量不敷使用时,设法将其“扩大”。许多处理系统用来扩展内存使用的虚拟存储技术,是把硬盘的一部分作为附加内存量,即把内存和外存结合起来管理,为用户提供一个容量比实际容量大得多的虚拟存储器。

2. 处理机管理

处理机(CPU)是计算机的核心资源,所有程序的运行都要经过它来实现。那么,在多道程序环境下,处理机以什么方式为多任务所共享? 由于处理机是单入口资源,任何时刻只能有一个任务得到它的控制权,即只有一个程序在其上运行,多任务只能互斥地使用处理机。系统以什么策略分配处理机? 谁先占用? 谁后占用? 另外还必须注意到,每个任务占

用处理机时,系统必须建立与其相适应的状态环境。在处理机控制权转接的时刻,系统必须将原任务的处理机现场保留起来,并以新任务的处理机现场设置其状态环境,以确保任务正常地执行。

处理机管理的主要任务是解决处理机的分配策略、实施方法和资源回收等问题。

3. 设备管理

计算机的主机上连接有许多设备,诸如磁盘机、显示器、打印机、扫描仪等,而且每种设备可以有多台。这些设备来自不同的厂家,功能不同,型号五花八门。设备管理的对象就是除了 CPU 和内存之外的各种设备。在操作系统中,由设备管理程序对外部设备进行统一管理。它的主要任务是:

(1) 随时掌握和记录各个设备的使用情况和工作状况,满足用户的使用要求。

(2) 为各种设备提供相应的驱动程序、启动程序、初始化程序和控制程序,以便保证设备的正常运行。

(3) 按系统采用的策略将设备分配给申请设备的进程。

(4) 利用各种技术,使外部设备尽可能与 CPU 并行工作,以减少 CPU 等待外部设备完成操作所需的时间,提高设备和整个系统的利用率。

4. 文件管理

计算机处理的大量信息驻留在各类存储介质上。在早期的计算机系统中,用户想要存取这些介质上的信息是一项相当复杂、极为琐碎的工作,它不仅要按照辅存设备的物理地址去安排信息的存放位置,组织相应的 I/O 指令,而且还要确切记住信息在存储介质上的分布情况。如果稍一疏忽,就会破坏已保存的信息,造成无法挽回的严重后果。尤其是在多道程序出现之后,用户想自己去协调、管理那些可为多个用户所共享的磁鼓、磁盘等大量存储介质上的信息,实际上是不可能的,从信息保护角度上看也是不允许的。因此,在操作系统中便引入了“文件”,配备了文件系统,即将对信息的管理交给系统来负责。文件系统为用户提供一种简单的、统一的存取和管理信息的方法。

配置了文件系统后,为用户带来了如下效果:

(1) 方便用户

用户只需给出文件的名称,便能通过文件系统所提供的直观的文件操作命令去访问存储介质上的信息,实现“按名存取”,使用户摆脱了信息存放的物理位置、分布情况、存储介质的特性等细节的干扰,而把存取方面的一些事务工作交给文件系统去完成。

(2) 实现了信息的共享和安全

为了减少用户的重复性劳动,免除系统复制文件的工作和节省文件占用的存储空间等,系统提供文件共享的能力是十分必要的。所谓文件共享是指某一个或某一部分文件可以让事先规定的某些用户共同使用。

为实现文件共享,系统还必须提供文件保护的能力,即提供保证文件安全性的措施。文件的保护是指文件本身不得被未经文件主授权的任何用户存取,而对于授权用户也只能在允许的存取权限内使用文件。它涉及到用户对文件的使用权限和对用户权限的验证。所谓存取权限的验证,是指用户存取文件之前,需要检查用户的存取权限是否符合规定,符合者允许使用,否则拒绝。这样既能使文件在预定的范围内为用户所共享,同时也可防止文件被侵权,从而保证了文件的安全。

(3) 在用户和外存间提供了统一的接口

用户可按系统提供的统一的系统调用命令来访问各种介质上的文件,简单、直观、易学易懂。

4.4.5 操作系统的特点

和其他类型的系统软件相比,一般操作系统都具有以下 4 个基本特征:

1. 并发性

并发性是指两个或多个事件在同一时间间隔内发生。具体说,并发性是指在一段时间内,宏观上有多个程序在同时运行,但在单处理系统中,每一时刻却仅能有一道程序执行,故微观上这些程序只能分时地交替执行。程序的并发执行能有效地改善资源利用率和提高系统的吞吐量,但显然会使操作系统由于增加了控制和管理各种并发活动的功能变得复杂化。

2. 资源共享

所谓资源共享,是指系统中的资源可供多个用户程序使用。根据资源的属性,资源共享可有以下两种方式:

(1) 互斥共享:指仅当一个程序使用某资源结束并释放后,其他程序才能使用该资源。通常,人们把在一段时间内只允许一个程序访问的资源称为临界资源,如打印机、扫描仪等外部输入/输出设备,对临界资源必须互斥使用。

(2) “同时”使用:指允许在一段时间内,多个程序同时对某一资源进行访问,典型的可同时共享的硬设备是磁盘。

3. 虚拟

所谓虚拟,是指通过某种技术把一个物理实体变成若干个逻辑上的对应物。前者是实的,后者是虚的,是用户感觉上的东西。例如,多道分时系统中,虽然只有一个 CPU,但每个终端用户都认为是有 CPU 在专门为他服务,亦即利用多道程序设计技术可以把一台物理上的 CPU 虚拟为多台逻辑上的 CPU。类似地,也可以把一台物理 I/O 设备虚拟为多台逻辑上的 I/O 设备,如打印机。

4. 异步性

在多道程序环境下,每个程序在何时执行,何时暂停,以怎样的速度向前推进,每道程序总共需要多少时间才能完成,都是不可预知的;或者说,进程是以异步方式运行的。尽管如此,但只要运行环境相同,作业经多次运行,都会获得完全相同的结果,因此,异步运行方式是允许的,这就是进程的异步性,是操作系统的一个重要特征。

4.4.6 几种常用操作系统实例

1. DOS

DOS 是 Disk Operating System 的缩写,该操作系统具有较强的功能及性能优良的文件系统,配置在 IBM-PC 机上,随着 IBM 机种及其兼容机的畅销。DOS 操作系统有 IBM 的 PC 操作系统和 Microsoft 公司的 MS-DOS。DOS 是典型的微机单用户单任务操作系统,已经不再继续更新。其最后更新版 Version 6 目前只向小部分客户生产。

因为 DOS 传统上采用命令行的界面,没有采用图形用户界面(尽管 DOS 最新版支持菜单驱动),并且它不支持现代的处理器和处理技巧,今天亦不再广泛使用。

2. Windows

Windows 操作系统是美国 Microsoft 公司开发的基于图形用户界面的操作系统,又称视窗操作系统。Windows 在商业上取得惊人成功是在 1990 年 5 月推出的 Windows 3.0,以其易学易用、友好的图形界面,并能支持多任务的优点,一举奠定了 Microsoft 公司在操作系统上的垄断地位。

1995 年 Microsoft 公司推出 Windows 95 个人电脑操作系统,增加了 32 位操作系统的性能,大大增强了用户界面的友好性,Windows 95 一经推出,迅速取代了 DOS 成为个人计算机的主流操作系统。现在风靡全球的是 Windows2000、Windows XP。Windows 几乎代替了 DOS 曾经担当的霸主地位,成为新一代的操作系统大亨。

2001 年 Microsoft 公司发布了 Windows XP,2003 年 4 月又发布了 Windows 新一代产品 Windows Server 2003。

3. UNIX

当前 Windows 系列的操作系统已经占据了桌面计算机,而在高档工作站和服务器的领域,UNIX 仍然具有无可替代的作用,尤其是在用作 Internet 服务器方面,UNIX 的高性能、高可靠性仍然不是 Windows NT 的计算机所能比拟的。

UNIX 最初是由美国电报电话公司的贝尔实验室专为中型计算机而设计的一种操作系统。其许多特性使得它对于高级的终端计算机来说是一个非常好的选择。

首先,UNIX 作为一个面向多用户、优先的多任务处理操作系统,已经建立了长期的、相对成功的销售记录,除了标准的服务器版 UNIX 以外,还有一个面向个人的工作站版 UNIX 可供选择。

其次,UNIX 是一个柔性操作系统,它可以广泛地应用在各种类型的机器上。Windows 是专为 Intel 芯片设计的,Mac OS 是专为 PowerPC 芯片设计的,而 UNIX 并不是专为某一种处理器而设计的,从微机到大型机,所有的计算机系统都可以运行 UNIX,而且它可以通过网络连接很容易地和不同厂家生产的各种各样的设备结合起来。

但是在过去的几年里,也有些不足限制了 UNIX 的发展。它采用命令行用户界面,这与图形界面相比使用起来比较困难。此外,UNIX 的柔性特征又使得它在运行速度上低于其他专为某种处理器量身定制的操作系统。这些特性大大限制了 UNIX 在受控于特定类型的 PC 机环境中的应用。

今天最新版的系统使用图形界面,而且,在所有 UNIX 版本中都加入了一个新的单独的 UNIX 使用说明,以期缓和过去不同版本之间不兼容的问题,有助于克服 UNIX 的最大弱点。

4. Linux

Linux 最初由芬兰籍大学生 Linux Torvalds 在 1991 年提出,一经出现,迅速改变着操作系统的社会面貌,国际上操作系统的研究也在发生着深刻的变化。Linux 是一种资源开放型软件,也就是说它的源代码是面向公众开放的,可以对其进行修改、改进或针对某个特殊的应用进行用户化。经过这么多年,Linux 从最早一个人的产品变成了在 Internet 上由无数志同道合的程序员们参与的一场运动,大家通力合作,对 Linux 进行改进,在互联网上与他人共享改进代码。除了可以免费获取以外,公司还允许以零售的方式销售 Linux 系统。许多广为人知的商业版 Linux 系统来自红帽子(Red Hat)和 Caldera 销售商。每种发行版

本都有各自的优点和缺点,但它们都提供相对完整的应用软件及帮助文档,都使用相同的内核和开发工具,都使用同一个名称——Linux 系统。

Linux 对硬件配置要求不高,甚至只需一台 386 便能高效实现。Linux 极其健壮,世界上很多 Linux 连续不停机运行一年以上而不曾崩溃过。

5. BeOS

BeOS,1996 年的 11 月诞生,它由 Be. Inc. 公司推出。最初的 BeOS 的版本是运行在 Mac(苹果麦金塔电脑)上的,1998 年发布了运行在 Intel 平台的 BeOS 版本。BeOS 可以与 Windows 和 Mac OS 操作系统并存。用户可以在运行视频、游戏或其他多媒体应用程序时切换至 BeOS 操作系统。

如果说 Windows 是现代办公软件的世界,UNIX 是网络的天下,BeOS 就称得上是多媒体的天堂了。BeOS 以其出色的多媒体功能而闻名,它在多媒体制作、编辑、播放方面都得心应手,因此吸引了不少多媒体爱好者加入到 BeOS 阵营。由于 BeOS 的设计十分适合进行多媒体开发,所以不少制作人都采用 BeOS 作为他们的操作平台。

和 Linux 等非 Windows 操作系统一样,BeOS 的不足同样表现在面向一般用户的应用程序太少。这些操作系统虽然能够运行的程序十分多,但大部分对于一般的家庭、办公用户并不实用,而无法被大众用户所接受。

6. Mac OS X

Mac OS X 是一套运行于苹果 Macintosh 系列电脑上的操作系统。Mac OS 是首个在商用领域成功的图形用户界面。

Mac OS X 通过对称多处理技术充分发挥双处理器的优势,提供无与伦比的 2 维、3 维和多媒体图形性能以及广泛的字体支持和集成的 PDA 功能。直观的用户界面使其方便性、易用性达到了一个全新的水平。

4.4.7 推动操作系统发展的因素

操作系统随时间而演变,在出现操作系统后的短短 40 年中,取得了重大发展,主要基于以下因素:

(1) 硬件的不断更新换代

硬件升级以及新的硬件类型不断出现,使得计算机的性能不断提高、规模急剧扩大,从而推动了操作系统的功能和性能也迅速增强和提高。例如,当微机由 8 位发展到 16 位,进而又发展到 32 位时,相应的微机操作系统也就由 8 位微机操作系统发展到 16 位微机操作系统,进而发展到 32 位微机操作系统,此时相应的操作系统的功能和性能也都有显著的增强和提高。

(2) 不断提高计算机资源利用率

在计算机出现的初期,计算机系统资源特别昂贵,人们必须千方百计地提高计算机系统中各种资源的利用率,这就成为最初发展的动力。由此形成了能自动地对一批作业进行处理的批处理系统。

(3) 提供新服务,方便用户

当资源利用率不高的问题得到基本解决后,用户在上机、调试程序时的不方便性便成为主要矛盾。于是人们又想方设法改善用户上机、调试程序时的条件,这又成为继续推动操作

系统发展的主要因素。随之便形成了允许进行人机交互的分时操作系统,或称为多用户系统。

总之,要满足用户的和系统管理者的需要,扩大服务范围。当发现现有的工具很难为用户保持良好的服务性能时,将新的测量和管理工具添加到其中。

(4) 计算机体系结构不断发展

计算机体系结构的发展,不断推动着操作系统的发展并产生新的操作系统类型。例如,当计算机由单处理机系统发展到多处理机系统时,相应地,操作系统也就由单处理机操作系统发展到多处理机操作系统。又如当计算机继续发展出现了计算机网络后,相应地,也就有了网络操作系统。

4.4.8 操作系统的发展方向

每个人对操作系统的未来结构都有各自的猜想。操作系统的发展与其他产品一样,受到市场需求变化和本身技术发展两个方面的推动。市场需求就是大家都希望能够继续提供友好的界面,并且都能够采用声音驱动的界面。未来的操作系统还应该具有更好的稳定性和自我修复能力,在需要时能够自己修补或恢复系统文件,并且支持多处理器和其他技术上的改进。

随着网络的普及深入,未来的操作系统应该主要应用于通过 Internet 或其他网络访问有用的资源,而不只是访问本地设备上的资源。未来操作系统还应该能够支持高速网络工作,一个人在自己的生活中所有使用到的信息设备之间都可以通信,而且是同步的。操作系统中的大部分进展将围绕移动设备展开,如智能电话和手提电脑。

技术方面的需求包括支持 Client/Server 模型、基于网络的分布式处理、细粒度的并行处理、蓝牙技术、面向对象的处理、多媒体应用等。另外,操作系统核心的微核心化研究已经历了 10 多年的时间,也是未来操作系统设计发展的方向。

习 题

1. 操作系统在计算机系统中的地位如何? 其主要目标是什么?
2. 指出分时系统和实时系统的本质区别。
3. 根据自己使用计算机的情况,说明操作系统的用户界面有哪些类型。

第5章 计算机专业知识

本章将介绍计算机科学与技术专业的专业知识,包括面向对象程序设计、编译原理、数据库工作原理、软件工程等。通过上述内容的学习,帮助读者尽早建立一个完整的计算机体系概念,构建一个初步的计算机科学与技术专业的知识体系框架,再通过日后每门课程的详细学习,逐步丰富完善这个知识体系。

5.1 面向对象程序设计

5.1.1 程序设计概述

计算机设备的使用特点:硬件是计算机的“躯体”,软件是计算机的“灵魂”;没有软件的支持,就没有硬件的生命力。

计算机软件的3个要素:

- (1) 能够让计算机按照人们的意愿完成各种操作的指令序列,即程序。
- (2) 用来组织操作对象的数据结构。
- (3) 描述程序设计过程的文档。

程序设计是指设计、编写和调试程序的方法与过程。由于程序是软件的本体,因此软件的质量主要通过程序的质量体现,因此,研究一种切实可行的程序设计方法至关重要。

目前常用的程序设计方法有以下几种:

- (1) 面向计算机的程序设计
- (2) 面向过程的程序设计
- (3) 面向对象的程序设计
- (4) 面向组件的程序设计
- (5) 嵌入式程序设计

1. 面向计算机的程序设计

计算机诞生初期,人们与计算机打交道的唯一途径是机器语言(机器指令),这是一种可以被计算机直接识别的程序设计语言,其中的每一条指令和操作数都是采用二进制形式表示的,因此具有复杂、易错、可移植性差、难读、难纠错等缺点,尽管后来人们采用助记符将很多指令形象化(汇编语言),但仍无法摆脱指令格式与机器相关的弊病。这种程序依赖于具体的计算机指令系统(也可理解为依赖于计算机硬件),因此称其为面向机器(计算机)的程序设计,这种程序设计语言称为低级语言。

为了提高软件的生产效率和可靠性,人们设计出了高级程序设计语言,使得软件开发人员专注于问题的分析和算法的设计。

2. 面向过程的程序设计

所谓面向过程是指从功能的角度分析问题,将待解决的问题空间分解成若干个功能模块,每个功能模块描述一个操作的具体过程。结构化程序设计方法就是面向过程的一个典型代表。按照功能划分软件系统结构的结构化程序设计方法的核心包括下面 3 个部分:

- (1) 自顶向下、逐步求精的开发方法
- (2) 模块化的组织方式
- (3) 结构化的语句结构

自顶向下、逐步求精将程序设计看成是一个逐步演化的过程。所谓自顶向下是指将分析问题的过程划分成若干个层次,每一个新的层次都是对上一个层次的细化。

模块化将整个系统分解成若干个模块,每个模块实现特定的功能,最终的系统将由这些模块组装而成。模块之间通过接口传递信息,模块划分应尽可能达到高内聚、低耦合。

结构化程序设计的特点:

程序设计 = 数据结构 + 算法

程序内容 = 过程 + 过程调用

例如,做一个求圆锥体积的程序。首先我们要定义几个变量: r (圆锥的底面半径), h (圆锥的高),数据类型为浮点型(float),然后再用圆锥体积公式 $v = \frac{1}{3}\pi r^2 h$ 或 $v = \frac{1}{3}sh$,其中, s 为圆锥的底面面积(这就是面向过程程序设计中:程序设计 = 数据结构 + 算法);也可以把求圆锥底面面积 s 单独作为一个函数,在求圆锥体积时去调用这个函数,当然,不只求圆锥体积时可以去调用这个函数,在其他需要用底面面积的函数中都可以调用它如圆柱体积等。(这就是面向过程程序设计中:程序内容 = 过程 + 过程调用)。

3. 面向对象的程序设计

结构化程序设计的弱点:

- (1) 审视问题域的视角与常规不同
- (2) 抽象级别较低
- (3) 封装性较差
- (4) 可重用性较低

面向对象程序设计方法是指用面向对象的方法指导程序设计的整个过程,所谓面向对象是指以对象为中心来分析、设计及构造应用程序的机制。

对象具有的特征:

- (1) 万物皆为对象
- (2) 每个对象都有自己的唯一标识
- (3) 对象具有属性和行为
- (4) 对象具有状态
- (5) 对象之间依靠消息实现通信

例如,同样用上面求圆锥体积的例子(注意比较两者之间的不同)。在面向对象程序设计中首先找到类,在这个例子中的类就是圆锥,在圆锥这个类中有它的属性与方法,有时也称为数据成员与成员函数,其中数据成员有圆锥的底面半径 r 和圆锥的高 h ,成员函数中有求圆锥体积和圆锥旋转等方法;然后定义一个圆锥类的对象,用这个对象去访问类中求体积的方法。这样可以不用关心圆锥体积的具体求法,即使忘了圆锥体积公式,照样可以求出圆锥的体积来。这就是面向对象的编程思想,把求圆锥体积的方法封装在圆锥

类中(现实中本来也应该如此,圆锥应该固有求它体积的方法),我们的工作就是去调用它里面的方法。

面向对象程序设计的优点:

- (1) 实现对现实世界客体的自然描述
- (2) 可控制程序的复杂性
- (3) 可增强程序的模块性
- (4) 可提高程序的重用性
- (5) 可改善程序的可维护性

4. 组件化程序设计方法

所谓组件就是一种可以自行进行内部管理的一个或多个类所组成的群体。用户通过外部接口使用它,而不了解它的内部信息和操作方式。每个组件包含一组属性、事件和方法。

5. 嵌入式程序设计

嵌入式产品的核心是嵌入式计算机的应用。嵌入式计算机是一种智能部件内置于专用设备/系统的高速计算机。嵌入式程序设计即针对嵌入式计算机所要实现的功能进行编程。

5.1.2 结构化方法与面向对象方法的比较

由于面向对象化方法是从结构化方法发展而来的,有必要把结构化方法与面向对象化方法再作一次详细的比较,以便更好地理解面向对象程序设计的思想。下面来举一个具体的 Josephus 问题来进行讨论。

Josephus 问题是指,一群小孩围成一圈,任意假定一个数 m ,从第一个小孩起,顺时针方向数,每数到第 m 个小孩时,该小孩便离开。小孩不断离开,圈子不断缩小。最后,剩下的一个小孩便是胜利者。究竟胜利者是第几个小孩呢?

结构化方法求解:

- (1) 初始化小孩数、开始位置、数小孩数 m 。
- (2) 初始化环链表(采用链表数据结构来解,也可以用数组来解),转到开始位置(一个循环)。
- (3) 处理未获胜的小孩。
- (4) 输出得胜者。

其中,第(1)步初始化小孩数、开始位置、数小孩数 m 描述为:

- ① 键入小孩数,开始位置,数小孩个数
- ② 小孩数校验
- ③ 开始位置校验
- ④ 数小孩个数校验

第(2)步初始化环链表描述为:

- ① 分配结构数组
 - ② for 初始化结构数组(构成环链)
 - 挂接下一个数组元素
 - 小孩编号赋值
 - 输出小孩编号
- endfor

③ 返回环链表

第(3)步处理未获胜的小孩描述为:

```
while(小孩数多于一个)
    数小孩(一个循环)
    出列小孩
    将小孩从环链中删除
endwhile
```

其中,数小孩描述为:

```
for(从 1 到数小孩间隔数)
    开始位置挪到下一个小孩
endfor
```

从整个问题解决来说,它显得复杂,用户只关心给出小孩数、开始位置、小孩出列的间隔以及需要得到获胜者的位置。除此之外,任何内部实现的细节都是多余的。如果把这些内部实现的细节分离出来,以让更专业的人员来实现,将更符合各类人员的分工。

然而,结构化程序做不到,只能由程序员来设计解答整个过程。可以将其中的一部分作为函数调用分给别人实现,但他自己的专业化程度甚至更高,即他必须全盘把握实现中的数据结构(本例中的小孩结构和链表),并在频繁调用其他子函数的过程中,维护这些数据结构和数据,且“吃力不讨好”,由于数据结构和数据对所有函数都可见,很难把握数据的修改出自哪个函数,这些数据的安全性得不到保障。

计算机发展到今天,有许多软件产品都是现成的,它们以类库的形式提供,可直接使用。一个电视机电路设计专家,其家里摆放的电视机与别人从市场上买到的一样,能够欣赏到的节目与别人也一样。使用电视机无须懂得电视机设计技术。

Josephus 问题的结构化分析方法,是将该问题按功能分解,然后按必要的顺序实现之。实现代码多且复杂,需要很好地掌握数据结构与循环链表的知识。

面向对象方法求解:

在面向对象的分析和设计中,执行下面的步骤:

- ① 找出类
- ② 描述类和类之间的联系
- ③ 用类来定义程序结构

图 5.1 描述了 Josephus 问题类和环链表类,Josephus 类的左面是成员函数描述,表示类的外部接口,右面是数据成员描述。有了这些类的描述,就可以设计程序了。

Josephus 类		Ring(环链表)类	
Initial	Boynumber	Clear	First
Getwinner	BeginPos	Print	Pivot
	Interval	Count	Current

图 5.1 类的描述

```
//主函数
```

```
定义一个 Josephus 类的对象 Jose
```

```
赋初值:initial( )
```

```
求获胜者:Getwinner( )
```

从中可以感受到这种编程并不需要涉及 Josephus 问题和链表结构的数据的复杂细节。由于 Josephus 类包含了与环链表类的通信联络,所以在主函数中丝毫不需要涉及环链表类,而且,Josephus 类中的具体实现也并未涉及,只要提供该类的实现,那么编程就可以这么轻松和简单。面向对象程序设计使用户既不需要懂计算机太多,也不需要懂业务太多。

实现 Josephus 类的程序员,也可以将环链表类拿来为自己所用。C++ 中,提供了标准的链表类库,只要稍加继承(继承的概念在以下章节中将讲到),就能派生为环链表类。

在面向对象程序设计中,程序设计主要是描述类,大大小小的类都是标准的描述结构。这使得程序结构一般化,程序的可读性大为改观。而真正的程序主体,在这里就是 Josephus 问题的解答,只有短短的 3 条语句。事实上,它只是构造了类对象,启动(调用成员函数)了一下其中的一个类的行为。完全体现了:

程序 = 对象 + 对象 + ……

因而,面向对象程序设计归结为类的设计。只要将问题中的对象层次划分清楚,并能将它用语言描述出来,余下的问题就是简单地定义对象和让对象表现自己,问题的解答也就差不多有了。这就是面向对象程序设计的基本方法。

面向对象程序设计可以将程序员分成两类:

一类是面向对象应用程序设计。所谓面向对象程序设计,多是指此。他们无须了解类的实现细节,就像使用微波炉那样,不需要知道微波炉的内部构造,就能使用它。

另一类是类库设计。他们为面向对象程序设计提供“素材”。这些素材涉及各个领域,由各领域的专业人员来设计完成。他们需要了解特定类的知识,如 Josephus 问题的解答。

这样的程序可读性是良好的,可维护性也是良好的,因为程序的结构更加规范化,它以抽象来划分问题的解,而且问题的描述几乎就是程序的实现。

简而言之,结构化程序主设计方法按功能分割问题;面向对象程序设计按对象分割问题。

5.1.3 面向对象程序设计

1. 面向对象程序设计的两个精髓

面向对象程序设计的两个精髓是:类和对象。

(1) 类(Class)——数据类型

类是具有相同属性和相同方法的对象的集合,它是一种既包含数据又包含函数的抽象数据类型。类是将一类对象和其他对象区别开来的一组描述。找出类主要靠经验,程序员可由一系列候选类开始,然后考虑哪一个是最基本的以及哪一个第二位的或者是被引出的。候选类由以下各项可找出:

- ① 有形的,可视的或描述的东西,如电视机、微波炉、桌子、问题等。
- ② 角色,如操作电视机的人、桌子上摆放的东西、问题中涉及的链表结构等。
- ③ 事件,如操作电视机的亮度、桌子的移动、问题中描述的操作等。

对于很复杂的程序,程序员必须做一个完全的分析,并充分了解问题的各项细节,然后分类问题:哪些跟电视机有关,哪些跟桌子有关……,抽象出描述的对象。

对于简单的问题,通过问题陈述和列出名词表,可以帮助解决问题。例如一个解决 Josephus 问题的名词表:

Josephus 问题

小孩

链表

开始位置

小孩数

每数若干个小孩子的间隔

去掉一个小孩

描述胜利者

等等

其中,“开始位置”,“去掉一个小孩”,“每数若干个小孩子的间隔”都与链表有关。链表包括分配一个结构数组,初始化结构数组,环链等。这些名字有些是类,有些是组成类的属性,有些是描述类的行为。

作为一个要处理的 Josephus 问题,可以把它看作一个类。另外链表包括其数据属性(结构数组,当前位置等)和链表的操作(移动小孩位置,去掉小孩等),所以可以把它看作是个类。

(2) 类的定义

```
class <类名>
```

```
{
```

```
    Private: //私有成员
```

```
    <数据成员或成员函数表>;
```

```
    Public: //公有成员
```

```
    <数据成员或成员函数表>;
```

```
    Protected: //保护成员
```

```
}
```

(3) 对象(Object)——数据

对象是包含现实世界物体特征的抽象实体,反映了系统为之保存信息和(或)与之交互的能力。

对象 = 数据 + 作用于这些数据上的操作 = 属性(Attribute) + 方法(Method)

对象是用来描述现实世界中客体的部件,是面向对象软件系统在运行时刻的基本单位。为了区分属于同一个类的不同对象,每个对象都有一个唯一的标识,对象是类的一个实例。

两个精髓(类和对象)之间的关系:类是对实现中的实体,事件,问题的高度抽象,而对象是实现中实实在在的客体。类是对象集合的抽象,对象是类的一个实例。下面举个例子来说明它们之间的关系。例如电脑就是一个类,它里面有 CPU,风扇,内存条,显卡等属性,用电脑可以打字,看电影,网上冲浪等方法。而我们到电脑城买回一台具体的电脑(如它的 CUP 是 AMD 的,内存是现代的,显卡是七彩虹的,显示器是三星的),它是实实在在的实物,它就是电脑这个类的一个对象(也就是我们常说的类的一个实例)。对象是有生命周期的,它可以被消亡,而类没有生命周期,它不以人的意志转移,不能抹灭它的存在。

2. 面向对象程序设计的两个原则

面向对象程序设计基于两个原则:抽象和分类。

(1) 抽象

抽象与具体相对应。一个人名是抽象,它代表某个人的一切属性,包括身高、体重、文化程度等。抽象是具体事物的描述的一个概括。

试想一下用微波炉炖鸡蛋。打 12 个鸡蛋在碗里,放上一点调料,把它整个放进微波炉里,烘烤 5 分钟。

使用微波炉的步骤是,先打开门,把制作的原料放进去,然后关好门并按微波炉前面控制板上的有关按钮,它就开始工作了。

使用微波炉,人们处于下面的状态:

① 不用重新设计布局,不用改变微波炉的内部结构即可使它工作。人们使用微波炉,只需跟微波炉的面板打交道。微波炉有一个接口,就是微波炉的面板,板上有所有的控制按钮和时间显示。微波炉的所有功能都是通过面板控制获得的。

② 不用重新编制软件来驱动和控制微波炉中的微处理器,即与上次使用微波炉的目的无关。

③ 不用了解微波炉的内部结构。

④ 一个微波炉的设计师,知道微波炉的内部一切设计细节,但在生活中使用微波炉只是烧菜,而无须考虑其工作原理。

现实生活中,为了减少必须处理的事情,我们是在某一程度的细节中生活的。在面向对象的计算机世界中,这种细节程度就叫抽象。

用面向对象的方法,描述在微波炉中炖鸡蛋的过程时,首先定义这个问题中对象的类型:蛋、微波炉以及调料。然后,着手设计制作这些对象的模型,即考虑微波炉的制作,鸡蛋的采购等。当做“制作微波炉”这项工作时,程序设计在具体的对象一级上,这时不用考虑鸡蛋如何做。

当微波炉做成之后,就可以进入到下一个抽象级,开始考虑炖鸡蛋的调制水平。这时不用考虑微波炉的制作,而直接可在微波炉上进行操作。

操作程序如下:打碎两个蛋,放点水和调料等,在微波炉中烧 5 分钟。这就是更高级抽象的描述,也是面向对象程序设计中主程序的描述。这样的描述既简单明了又完整,但这不是一个结构化程序的描述。

(2) 分类

层层分类,使概念逐渐细化,即具体化。相反,归类的结果便是逐步抽象的过程。

例如,问什么是本田?一般的回答是:它是一种小轿车。如果又问,什么是小轿车,一般的回答是,是一种小汽车。如果再问,什么是小汽车?一般的回答是,是一种汽车。那么问,什么是汽车呢?汽车是一种交通工具,等等。

因为人们理解的本田是我们生活中称为小轿车一类东西的一个实例。也就是说,本田是种特殊类型的小轿车,而小轿车是一种特殊的小汽车。事实上,本田还不是具体的实物,它只不过是一个名字,代表所有的本田牌小轿车。

在面向对象的计算机世界中,我们把一辆实实在在的本田小轿车称为是类(Class)本田的一个实例(Instance)或者说是对象(Object)。类本田是类小轿车的一个子类,而类小轿车又是类小汽车的一个子类,类小汽车是类汽车的一个子类,类汽车是交通工具的子类,等等。

在面向对象的程序设计中,对象被分成类。类又是层层分解的,这些类与子类的关系可

以被规格化地描述。描述了类,再描述其子类,就可以只描述其增加的部分。所有子类层次上的编程,都只需在已有的类的基础上进行。分类是面向对象程序设计的需要,是理解抽象的重要手段,也是面向对象程序设计中的重要概念。把握了分类方法,就能理解面向对象程序设计的过程。

3. 设计和效率

有人说,面向对象程序设计,要抽象事物,还要定义类,比之结构化程序设计,不能产生出高效的程序。

思考一下我们所使用的交通工具。试想一个体力很好的人(比作熟练的程序员),骑着自行车,贯穿在大街小巷中,轻松自在地到达目的地。他走的路是捷径。可是,如果目的地是较远的地方,例如是另一个城市,骑车去,还能那么轻松自在吗?也许他会选择坐汽车,甚至让其他驾驶员带他到目的地。这样,他就无须辨认任何路标,还可以沿途欣赏田园风光。坐汽车比骑自行车更方便了。然而,有人会说,汽车比自行车要庞大,需耗费更多的费用。

可以将高速公路比做面向对象程序设计方法,把街道马路比做结构化程序设计方法;将汽车比做面向对象程序中的对象,把开车去目的地比做面向对象程序设计;将骑自行车去目的地比做结构化的程序设计。从中看出,结构化的程序规模(自行车加骑车去目的地)比较小,但是整体过程比较复杂(分别对待道路性质不同的大街小巷),执行的效率在大多数情况下是比较低的。即使目的地在同一城市内部,坐车也往往要比骑自行车省事。程序规模小,并不一定效率高。面向对象的程序从绝对的语句行数上,比结构化的程序可能要多,但它的程序结构更易理解,汽车是汽车,坐车是坐车。编译运行的效率即产生的机器代码规模和运行时间却更小和更快。坐车人人会坐,骑自行车不是人人会骑。坐车可以更换车型,只要能够载客。自行车相对更换的适应性要差一些,男同志的自行车女同志不一定能骑。汽车可以载更多的客,自行车不行;汽车可以到达更远的目的地,自行车自叹不如。

一些小程序可以通过过程化程序设计技巧和优化,小幅度提高运行速度,但往往以牺牲可读性为代价,给维护造成大量困难。一旦程序规模扩大,程序的可读性和可维护性,甚至连结构化的程序设计都感到力不从心。

在现实生活中,能解决问题的小规模程序是很少的。所以,面向对象程序设计比结构化程序能够产生出更加有效的程序。而且其可读性、可维护性都比结构化程序好。

4. 面向对象程序设计的特征

面向对象程序设计有三大特征:封装性(过程和数据封藏起来),继承性(基类和派生类)和多态性(虚函数、函数重载)。

(1) 封装性

封装是一种把代码和代码所操作的数据捆绑在一起,使这两者不受外界干扰和误用的机制。封装可被理解作为一种用作保护的包装器,以防止代码和数据被包装器外部所定义的其他代码任意访问。对包装器内部代码与数据的访问通过一个明确定义的接口来控制。封装代码的好处是每个人都知道如何访问代码,进而无需考虑实现细节就能直接使用它,同时不用担心不可预料的副作用。

在 Java 中,最基本的封装单元是类,一个类定义了将由一组对象所共享的行为(数据和代码)。一个类的每个对象均包含它所定义的结构与行为,这些对象就好像是一个模子铸造出来的。所以对象也叫做类的实例。

在定义一个类时,需要指定构成该类的代码与数据。特别是,类所定义的对象叫做成员变量或实例变量。操作数据的代码叫做成员方法。方法定义怎样使用成员变量,这意味着类的行为和接口要由操作实例数据的方法来定义。

由于类的用途是封装复杂性,所以类的内部有隐藏实现复杂性的机制。所以 Java 中提供了私有和公有的访问模式,类的公有接口代表外部的用户应该知道或可以知道的每件东西。私有的方法数据只能通过该类的成员代码来访问。这就可以确保不会发生不希望的事情。

(2) 继承性

继承是指一个对象从另一个对象中获得属性的过程。是面向对象程序设计的三大原则之二,它支持按层次分类的概念。例如,波斯猫是猫的一种,猫又是哺乳动物的一种,哺乳动物又是动物的一种。如果不使用层次的概念,每个对象需要明确定义各自的全部特征。通过层次分类方式,一个对象只需要在它的类中定义使它成为唯一的各个属性,然后从父类中继承它的通用属性。因此,由于继承机制,使得一个对象可以成为一个通用类的一个特定实例。一个深度继承的子类将继承它在类层次中的每个祖先的所有属性。继承与封装可以互相作用。如果一个给定的类封装了某些属性,它的任何子类将会含有同样的属性,另加各个子类所有的属性。这是面向对象程序在复杂性上呈线性而非几何增长的一个重要概念。新的子类继承其所有祖先的所有属性。子类和系统中的其他代码不会产生无法预料的交互作用。

被继承的类称为基类(base class)或父类(parent class),继承的类称为派生类(derived class)或子类(child class)。

派生类的语法结构:

```
class <派生类名>:<访问权限> <基类名>
{
    private:
        新增私有数据成员和成员函数
    protected:
        新增保护数据成员和成员函数
    public:
        新增公有数据成员和成员函数
};
```

访问权限:

私有派生 private:基类的 public 和 protected 成员都是派生类的 private 成员,基类的 private 成员对基类仍然保持 private 属性。(私有派生,所有成员在子类中都变成私有)

公有派生 public:基类的 public 成员是派生类的 public 成员,基类的 protected 成员是派生类的 protected 成员,基类的 private 成员对基类仍保持 private 同性。(公有派生访问权限不变)

保护派生 protected:基类的 public 和 protected 成员均是派生类的 protected 成员,基类的 private 成员对派生类仍保持 private 属性。

声明为 protected 的数据或成员函数,只能被基类的成员函数或其派生类的成员函数访问,不能被派生类以外的成员函数访问。

声明为 private 的数据或成员函数,只能被本类的成员函数访问,不能被外部访问(包括派生类)。

声明为 public 的数据或成员函数能被所有的函数访问。

(3) 多态性

多态是指一个方法只能有一个名称,但可以有許多形态,也就是程序中可以定义多个同名的方法,用“一个接口,多个方法”来描述,可以通过方法的参数和类型引用。多态是一种普遍存在的现象,如 water 的 3 种形态:冰、水、汽,又如算术运算 $1+1$, $1+0.5$, $1/2+0.5$ 等。多态性用一句经典的英文来解释就是: A value can belong to multiple types.

那么在软件设计中支持多态有什么好处呢?首先,可以使程序中的数学运算符合常规的数学运算规则,为程序提供更强的表达能力;其次,使得对不同类型的数据有同样的操作语义,可以实现程序的重用,而重用标识的资源,可以提高程序的可读性和可理解性。

软件系统支持多态的前提就是能够静态(编译时)或者动态(运行时)地确定类型,有时也称静态联编和动态联编(也叫迟绑定)。如 C++ 语言中的虚拟函数通过动态绑定机制,在运行时才确定接受消息的对象类型。

多态分为两种:通用的多态(universal)和特定的多态(ad hoc)。两者的区别是前者对工作的类型不加限制,允许对不同类型的值执行相同的代码;后者只对有限数量的类型有效,而且对不同类型的值可能要执行不同的代码。通用的多态又分为参数多态(parametric)和包含多态(inclusion);特定的多态分为过载多态(overloading)和强制多态(coercion)。

(4) 封装、继承、多态的组合使用

在由封装,继承,多态所组成的环境中,程序员可以编写出比面向过程模型更健壮、更具扩展性的程序。经过仔细设计的类层次结构是重用代码的基础。封装能让程序员不必修改公有接口的代码即可实现程序的移植。多态能使程序员开发出简洁、易懂、易修改的代码。

例如汽车,从继承的角度看,驾驶员都依靠继承性来驾驶不同类型(子类)的汽车,无论这辆车是轿车还是卡车,是奔驰牌还是菲亚特牌,驾驶员都能找到方向盘、手刹、换档器,经过一段时间驾驶后,都能知道手动档与自动档之间的差别,因为他们实际上都知道这两者的共同超类——传动装置。

从封装的角度看,驾驶员总是看到封装好的特性。刹车隐藏了许多复杂性,其外观如此简单,用脚就能操作它。发动机、手刹、轮胎大小的实现与刹车类的定义没有影响。

从多态的角度看,刹车系统有正锁反锁之分,驾驶员只用脚踩刹车停车,同样的接口可以用来控制若干种不同的实现(正锁或反锁)。这样各个独立的构件才被转换为汽车这个对象的。同样,通过使用面向对象的设计原则,程序员可以把一个复杂程序的各个构件组合在一起,形成一个一致、健壮、可维护的程序。

5.1.4 面向对象程序设计语言

所谓面向对象程序设计语言(OOPL, Object-Oriented Programming Language)是指提供描述面向对象方法所涉及的类、对象、继承和多态等基本概念的程序设计语言。它应该具有下列特征:识别性、分类性、继承性和多态性。

几种有代表性的 OOPL:

- Simula67:支持单继承、一定含义上的多态和部分动态联编。
- Smalltalk:支持单继承、多态和动态联编。

- Eiffel:支持多继承、多态和动态联编。
- C++:支持多继承、多态和部分动态联编。
- Java:提供了类机制,以及有效的接口模型。支持单继承、多态和动态联编。

Java 语言的基本特点:

- 简捷性
- 面向对象
- 分布式
- 健壮性
- 结构中立
- 安全性
- 可移植性
- 解释执行
- 高性能

5.1.5 面向对象的发展状况

面向对象(Object Oriented)编程技术最先被广泛使用的语言是 C++,Bjarne Stroustrup 写的《The Design and Evolution of C++》(《C++语言的设计和演化》)中,详细地描述了如何将 C 语言转变成支持对象编程的 C++语言。要真正了解面向对象的起源,还要往前追溯。

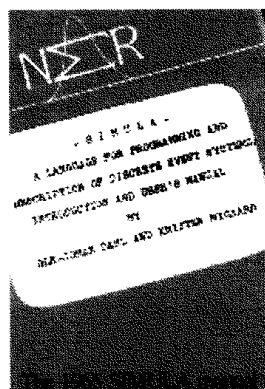
1. Simula

我经常问一个傻问题,那个时代,如果不出现面向对象技术,是不是会出现其他技术?但回顾一下历史,你或许会认为,这是一个必然趋势。只是有可能名称有所变化而已。

面向对象技术的提出,最早是在编程语言 Simula 中提出的。其作者是 Ole-Johan Dahl 和 Kristen Nygaard(见图 5.2)。Simula 语言是两个语言的统称:Simula I 和 Simula67 (Simula67 是在 1967 年发布的)。Simula 语言是公认的最早的面向对象语言,虽然它的实现并不是很完整。但这是程序设计语言发展史上的一个重要的里程碑。



Ole-Johan Dahl (1978)



The first object-oriented report



Kristen Nygaard (1978)

图 5.2 Ole-Johan Dahl 和 Kristen Nygaard

Kristen Nygaard 在编写一个计算机模拟系统的时候,感觉到他必须找到一个更好的方式来描述和操作系统。后来 Ole-Johan Dahl 也加入了这个工作中来。在 1962 年,Kristen

Nygaard 在访问 Univac 的时候,对当时的 Uniac 的系统架构师 Robert Bemer 第一次提出了 Simula 中的想法,并在 Robert Bemer 邀请参加的第二届 IFIP 上,发表了《SIMULA—An Extension of ALGOL to the Description of Discrete-Event Networks》。

在 1966 年,Dahl 和 Nygaard 发表了关于在 Simula 中提出类(Class)和子类(Subclass)的概念。这些概念后来被应用到 Simula67 中。1967 年 6 月的一个会议上,Dahl 建议对 Type 和 Class 概念进行明确定义,这引发了一次认真严谨的讨论,为语言的标准化奠定了基础。并在 1968 年 2 月份成立 SIMULA Standards Group(SSG)来进行标准化工作。

2. Smalltalk

虽然 Simlua 是第一个实现的面向对象语言,但并不是第一个完整实现的,一般公认为第一个完整实现的面向对象语言是 Smalltalk 语言。Smalltalk 虽然并没有被广泛使用,但它对面向对象技术的推广起了非常大的作用。

Smalltalk 是一个支持面向对象、动态类型、类型反射的程序语言,是 Alan Kay 在 Xerox Palo Alto Research Center (PARC)中发明的。Alan Kay 设计的系统, Dan Ingalls 实现的系统。实现的版本有很多,都是在 20 世纪 70 年代。第一个版本是 Smalltalk-71。Alan Kay 在设计的时候,借用了 Simula 的 message passing 思想。

在 Smalltalk-76 的版本中加入了 inheritance,在 Smalltak-80 中增加了 metaclasses。这实现了一个思想:一切皆对象。Smalltak-80 作为第一个给 PARC 外界使用的版本。而现今流行的版本,也大多是这个版本的后续版本。

3. C++

在面向对象语言中,C++是第一个被广泛使用的面向对象语言。C++是一个从 C 语言演化过来的支持面向对象编程的程序语言。Bells 实验室的 Bjarne Strstrup(C++之父)在 1979 年开始了这个跨时代的工作。

刚开始的版本称为 C with Classes。1983 年 10 月份的时候正式命名为 C++。1990 年 5 月,Borland C++发布了第一个版本,同年 6 月和 11 月,Templates 和 Exceptions 被接受。1992 年 3 月,Microsoft C++发布了第一个版本。

相比于 Simula 和 Smalltalk,C++的成功从一定意义上归结于标准组织的建立和 Borland 公司和 Microsoft 公司广泛推广,成就了 C++在面向对象编程语言中的重要位置。

4. 其他版本

在 C++之后,影响巨大的就是 Java 和 C# 语言了。这两个语言都引入了虚拟机的概念。另一方面,也是更纯粹的面向对象语言。因为在 C++语言中,没有类,也是可以编程的。而在 Java 和 C# 中是不可以的。

另外,Java 和 C# 中都支持丰富的 MetaClasses,这使得一切皆对象的概念支持得越发深刻。然而 Java 中的基础类型在这方面的并没有做到,也是一大遗憾。虽然如此,Java 仍然是一个一直在学习的语言。

5. 动态语言

在面向对象发展到现今,又出现了一些重大的变革,这就是动态语言的出现,它们也都是支持面向对象技术的。最典型的动态语言有 JavaScript、Python、Ruby 等等。

它们一个重大的变化就是,将类的信息改变为动态的,并提出 Ducking Type 的概念。这在很大程度上,提升了编程的生产力。

详细的资料可以参考 Python 和 Ruby 的介绍。

6. 为什么是面向对象语言

为什么是面向对象语言而不是其他语言？这个问题有点愚蠢，但是纵观面向对象的发展史，其实不难发现这是软件工程发展的必然结果。在此之前，软件工程遇到了很多问题。

程序越来越难以掌控。如果缺少了帮助，越来越难以掌握所有系统函数，程序难以复用以前的版本，编程不支持团队开发。每一个人必须了解程序中的所有地方，不能独立处理系统的一个方面。业务模型难以转换到程序模型，独立运行良好，但集成的时候却不行。

从以上原因看，必须出现一个新的复用技术，而这个技术必须比原来的函数级别要大。这就很自然地会将函数和其他什么的东西组合在一起，进行统一封装。

因此，面向对象的出现是必然的，如果让这段历史重来，最多只是名称的变化而已。

7. 总结

面向对象发展是从 Simula 开始的，Smalltalk 第一个做了相对完整的实现，而 C++ 是第一个被广泛使用的面向对象语言。

面向对象技术的出现是历史发展的必然，而它在未来还会继续发展。

习 题

1. 面向对象程序设计与面向过程程序设计的不同点是什么？什么是类，什么是对象，它们之间的区别是什么？试说明在面向对象程序设计中封装、继承和多态的优点。
2. 假设现在有一个关于学生交费管理的项目，试用面向对象的思想分析一下这个项目。在这个项目中要体现出学生基本情况，交费方式，交费查询等功能。试完成如下工作：
 - (1) 找出类(例如学生类，学生类中又分专科、本科和研究生，交费类等)。
 - (2) 定义类的属性与方法，也就是数据成员与成员函数(注意封装、多态性和访问权限等问题)。
 - (3) 找出类与类之间的关系(特别是继承)。不要求写出具体代码，但要求用图的形式描述出所有的类、类的数据成员与成员函数，以及类与类之间的关系。

5.2 编译原理

用高级语言书写的源程序是不能直接在机器上运行的(起码现有的机器不支持)，要想运行它并得到预期的结果，首先必须把源程序转换成等价的目标程序，这个过程就是所谓的编译。

编译原理这门课程关注的是编译程序的产生原理和技术问题，似乎和计算机的基础领域不沾边，可是编译原理却一直作为大学本科的必修课程，同时也成为了计算机软件与理论专业的研究生入学考试的必考内容。编译程序的原理及技术从本质上来讲就是一个算法问题而已，当然由于这个问题十分复杂，其解决算法也相对复杂。我们学的数据结构、算法分析与设计也是讲算法的，不过讲的基础算法，换句话说讲的是算法导论，而编译原理这门课程讲的就是比较专注解决一种问题的算法。

自 1954~1958 年,由 IBM 的 John Backus 带领的一个研究小组开发出世界上第一个编译器——FORTRAN 语言编译器以后,人们在尝试编写编译程序的同时,诞生了许多跟编译程序相关的理论和技术,这些理论和技术同高级程序设计语言、离散数学、汇编语言、操作系统、数据结构、计算机组成原理、算法分析与设计、软件工程等密切相关,在每一个计算机科技工作者(包括计算机科学家和计算机工程技术人员等)的职业生涯中,都会被反复用到。这些理论和技术比一个实际的编译程序本身价值更大。就犹如数学家们在解决著名的哥德巴赫猜想一样,虽然没有最终解决问题,但是其间诞生了不少名著的相关数论。

学习过编译原理的人普遍都感受到,不仅理解了编译程序的工作原理,而且提高了编程技巧,掌握了软件设计新技术,并且对计算机系统软件有了一个比较清晰全面的了解。因此,学习编译程序的原理,理解和掌握它的思想和方法,对于一个计算机科技工作者来说是非常重要的。

5.2.1 程序设计语言

语言是人们进行交流的媒介和手段,在计算机应用领域,程序设计语言充当了人与问题以及协助解决问题的计算机之间的通信工具。一种高效的程序设计语言应该能够提高计算机程序的开发效率,具有较高的问题表达能力,并在人们非结构化的思维方式与计算机执行所要求的精确性之间架起桥梁。

在计算机发展初期,人们直接用机器语言(即 0、1 代码)编写程序,机器语言很不直观,难写、难读、易出错,查错就更难,错误也不易修改,并且对机器硬件的依赖性很强,移植性很差。程序设计人员必须受过一定的训练并且熟悉计算机硬件。这就大大限制了计算机的推广应用。

之后出现了符号语言,即用比较直观的符号来代替纯粹数字表示的机器指令代码和数据。这样使程序便于记忆、阅读和检查。在此基础上又进一步发展为汇编语言。汇编语言中,除了用直观的助记符代替操作指令以对应一条条的机器指令外,还增加了若干宏指令,每条宏指令对应一组机器指令,完成特定的功能。这些宏指令构成指令码的扩展。汇编语言实际上是机器语言的符号化,所以汇编语言程序和机器语言程序的运行效率几乎是一样的。直到今天,汇编语言仍然是专业计算机工作者进行开发程序时的重要工具,特别是在要求高效率运行的程序开发中更是如此。但是,汇编语言仍然是依赖于机器的,使用起来还很不方便,并且程序设计的效率也很低。

为进一步解决这些问题,1956~1958 年,人们参照数学语言设计了第一个描述算法的语言(Fortran 语言)。之后,又相继出现了得到广泛应用的过程性语言,如 Algol、COBOL、PL/1、Pascal、C 等,这类语言完全摆脱了机器指令形式的约束,用它们编写的程序更接近自然语言和习惯上对算法的描述,故称为面向用户的语言。随后,又相继出现了许多专门用于描述某个应用领域问题的专用语言(如用于数据库搜索的语言 SQL 等),这类语言称为面向问题的语言。

面向用户的和面向问题的语言称为高级语言,机器语言和汇编语言称为低级语言。

5.2.2 翻译程序和编译程序

计算机只能识别用二进制数 0、1 表示的数和指令构成的本台机器的机器语言。除了机

器语言程序,其他语言书写的程序都必须经过翻译才能被计算机识别,这一过程必须由翻译程序来完成。

所谓翻译程序是指这样一个程序,它把一种语言(称作源语言)所写的程序(源程序)翻译成与之等价的另一种语言(称作目标语言)的程序(目标程序),如图 5.3 所示。

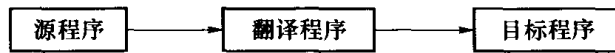


图 5.3 翻译程序

高级语言的翻译程序有两种形式:一种称为编译程序(如图 5.4 所示),如果源语言为高级语言,目标语言是某种机器的机器语言或汇编语言,则该翻译程序称为编译程序;另一种称为解释程序,解释程序也以源程序作为它的输入,但不产生目标程序,而是按照源语言的定义解释执行源程序本身。

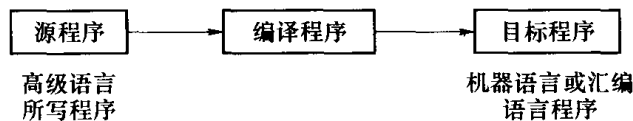


图 5.4 编译程序的功能

编译程序好像“书面翻译者”,把一篇文章全部翻译完并作一番总体的润色后才交给读者;解释程序好像“口头翻译者”,讲一句就立即翻译一句给听众。编译程序虽然翻译得慢些,但是翻译后的程序经过了优化,质量较好;解释程序尽管翻译得快些,但翻译后的程序没有进行优化,总体质量逊色于前者。鉴于这两种翻译过程的工作原理和构造方法是一样的,一般来讲,只学习设计和构造编译程序的基本原理和技术,不对解释程序作专门的讨论。

在一个计算机系统中配置了某种高级语言,就是指安装了这种语言的翻译程序。一个高级语言的编译程序就是这个高级语言的翻译程序,编译程序的重要意义在于它使高级语言独立于机器,因而,程序员在用高级语言编写程序时,不必去考虑那些直接与机器有关的繁琐细节,这些细节是由编译程序去处理的。可以说,如果没有这些翻译程序,也不可能有高级语言的应用与发展。

5.2.3 编译过程概述

编译程序的功能是把用高级语言编写的源程序翻译成等价的机器语言或汇编语言表示的目标程序。既然编译过程是一种语言的翻译过程,那么它的工作过程就类似于外文的翻译过程。

抽象地看,任何一本外文资料都是由字母、空格字符和各种标点符号按相应语法规则所组成的字符串。因此,任何欲进行外文翻译的人,都应具备如下能力:

- (1) 能认识外语的字母及标点符号。
- (2) 能识别出文中的各个单词。
- (3) 会查字典。
- (4) 懂得此种外语的语法。
- (5) 具有目标语言的修辞能力。

例如,要将英文句子“I wish you every success in the future”翻译成中文句子,显见,其源语言是英文,目标语言是中文。其翻译的大致过程是:

(1) 识别单词即词法分析

即识别源语言句子中的词,找到最小有意义的单词。这一过程根据源语言中单词的知识和组成单词的规则进行。对于前例,根据英语的词法规则,可以识别出一个一个的英文单词,尽管英语中的“in”、“the”、“future”可以分别看作一个词,但习惯上将“in the future”当作一个单词,因此,前例识别的单词分别为:I, wish, you, every, success, in the future。

(2) 分析句子即语法分析

即根据源语言的语法规则,对词法分析后的单词串进行分析、识别,并做语法正确性的检查,看其是否组成一个符合英语语法的句子。

语言学的研究表明,一个句子的含义是分层次的,如前述句子中最核心的含义是:

I wish you success (在结构上属于最高层)

可以把“every”、“in the future”视为“success”的修饰词,而“every”、“in the future”这些短语的含义较“I wish you success”要低一个层次。

(3) 理解含义即语义分析

对正确的源语言句子分析其含义,并用汉语表示出来。

就是把源语言句子中局部结构的意思翻译出来。可以从句子的最底层结构开始,直到最高层的结构。

every-----每个

in the future-----未来

I wish you success-----我祝愿你成功

然后,把上述翻译的英语短语作为英语句子的局部结构并把它们组合起来,就生成了翻译后的句子:我祝愿你未来每一个成功。

(4) 修饰加工即代码优化

根据上下文的关系以及汉语语法的有关规则对词句作必要的修饰工作。

例如,前述例子,经修饰后可以翻译为“祝你万事如意”。

(5) 写出译文即目标代码生成

显见,以上的整个翻译过程归纳起来必须完成两个主要任务:一是分析,二是综合。分析部分是从第一行的第一个字母开始,依次阅读原文中的各个符号,逐个识别出原文中的各个单词,然后根据语法规则进行语法分析,即分析原文中如何由单词组成短语和句子,以及句子的种类特点等,还要不时地查阅字典,做语法正确性的检查,进行相应的语义分析,并生成与它们相等价的中间形式。这些任务很容易通过建立和使用几个表来完成。通常将分析部分划分为词法分析、语法分析和语义分析 3 个阶段。综合部分则接受分析部分产生的中间代码,拟定译稿,进行修饰加工,最后写出译文。一般是将综合部分分为目标代码生成和代码优化两个阶段。

类似地,编译的过程在本质上是基于上述翻译的思想和过程,不过简单许多。这是由于:程序设计语言的符号集合以及结构体系比自然语言要简单得多;人们在创造高级程序设计语言时考虑了它在表述时的确定性,即每一个语句都有十分明确的含义,没有一点含糊,而且目标语言与源语言有确定的对应关系。因此,源语言和目标语言之间能准确无误地“理解”,这一点自然语言往往做不到,所以人与人的交流经常发生误解。

因此,编译程序其工作过程一般也划分为词法分析、语法分析、语义分析及中间代码生

成、代码优化和目标代码生成 5 个阶段。

将源程序的编译过程和外文资料的翻译过程的主要工作进行对比,得到如表 5.1 所示的结果。

表 5.1 源程序的编译和外文资料的翻译

翻译外文书刊	编译源程序
识别单词	词法分析
分析句子	语法分析
理解含义	语义分析及中间代码生成
修辞加工	代码优化
写出译文	目标代码生成

尽管编译过程与外文书刊翻译的工作过程比较类似,但由于编译程序所翻译的毕竟不是自然语言,因此,就必然有其自身特有的一些工作,比如中间代码的产生,编译过程中信息表的构造与查询以及运行时存储空间的分配,对语法和语义错误进行必要的处理等杂务工作。

下面,以一个简单的程序段为例,分别介绍编译程序的 5 个阶段所完成的任务。

例如,下面的程序段实现计算圆柱体表面积的功能。

```
float   r, h, s;  
s = 2 * 3.14 * r * (h + r);
```

1. 词法分析阶段

词法分析是编译过程的基础,其任务是从左到右逐个字符地扫描源程序,根据语言的词法规则,分解和识别出一个一个具有最小独立意义的单词(也称单词符号,简称符号),并把单词翻译成便于编译程序其余部分进行处理的内部格式。在词法分析之前,源程序可以看作是一个长长的由一个个的字符(ASCII 码)组成的字符串,所以,词法分析阶段是一个词的识别过程。当然,词法分析在识别单词的过程中,还完成其他一些任务,如滤掉源程序中的注释和空白(由空格、制表符或换行符等引起的),发现词法错误后指出错误的位置和错误信息等。

词法分析所依据的是源语言的词法规则。词法规则是单词符号的形成规则,它规定了哪些字符串构成一个单词符号。高级程序设计语言中的单词一般可以分为 5 类:

- ① 基本字,也称为关键字,如 C 语言中的 if、for、do、while 等。
- ② 标识符,用来表示各种名字的符号串,如函数名,变量名等。
- ③ 运算符,包括各种算术运算、关系运算、逻辑运算符等。
- ④ 常数,包括各种类型的常数,如整数 68,实数 128.9,字符串“abc”等。
- ⑤ 界符,如逗号、分号和括号等。

前述源程序通过词法分析阶段将识别出如下单词符号:

- ① 基本字:float。
- ② 标识符:r,h,s。
- ③ 常数:3.14,2。
- ④ 运算符:*、+。
- ⑤ 界符:括号、分号、逗号、等号。

程序设计语言有一整套必须严格遵守的词法规则,语法分析就是按照所给定的词法规则进行的。因此,这种分析过程可以机械地进行,即可编出程序让计算机去做。

2. 语法分析阶段

语法分析是编译程序的核心部分,是在词法分析的基础上进行的。其任务是根据语言的语法规则从词法分析阶段识别的单词符号串中识别出各种语法单位并进行语法检查,确定整个输入串是否构成一个语法上正确的“程序”。只有当源程序在语法上完全正确之后,编译程序才开始进行后续的翻译工作。所以,语法分析阶段是一个语法单位及其正确与否的识别过程。

语法分析所依据的是源语言的语法规则。语法规则规定了如何从单词符号形成语法单位,即语法单位的形成规则。高级程序设计语言中的语法单位一般有:表达式(如算术/逻辑表达式)、语句(如赋值语句、条件语句、循环语句、说明语句等)、分程序、函数、过程和程序等。

前述源程序在语法分析阶段根据语言的语法规则识别出的语法单位为<赋值语句>、<变量>和<表达式>,其中<赋值语句>是最高层的语法单位,<表达式>和<变量>则低一个层次。“s”组成<变量>;“=”是赋值号;单词符号串“ $2 * 3.14 * r * (h + r)$ ”组合成<表达式>;单词符号串“ $s = 2 * 3.14 * r * (h + r)$ ”组合成<赋值语句>,即<赋值语句>由“<变量>=<表达式>”组成。编译程序在语法分析阶段除了识别各类语法单位,还需进行语法检查。因此,经语法分析阶段的分析及检查,前述源程序是一个语法上正确的程序,并最终形成了最高层的语法单位<赋值语句>。

同样,程序设计语言有一整套必须严格遵守的语法规则,语法分析就是按照所给定的语法规则进行的。因此,这种分析过程可以机械地进行,即可编出程序让计算机去做。

3. 语义分析及中间代码生成阶段

对任何一种程序设计语言来说,它都具有两方面的特征,即语法特征和语义特征。前者用来定义语言各语法单位的形式或结构,后者则用来规定各语法单位的含义和功能,即规定它们的属性或在执行时应进行的运算或操作。一个源程序虽然经过语法分析明确了它的组成结构,但并不知道其中所出现的一些量的属性和意义,更不知道各语法单位具有何种功能。因此,在编译过程中也需要对源程序进行语义分析。

语义分析的任务是分析各语法成分的含义和用途以及应进行的运算和操作。在进行语义分析的过程中,还应进行相应的语义检查(如在表达式中,对某些运算符而言,是否有类型不匹配的运算对象),以保证源程序在语义上的正确性。

为了处理上的方便,特别是为了便于代码的优化处理,通常在语义分析后不直接产生机器语言或汇编语言形式的目标代码,而是生成一种介于源语言和目标语言之间的中间语言代码。通常,并不是所有翻译过程都需要生成中间代码的,对于那些对目标程序质量不是要求很高和不考虑移植的编译程序,可不必生成中间代码,直接生成目标代码即可。

前述源程序中,经语法分析得到的最高层语法单位是<赋值语句>,赋值语句对应的语义为:计算赋值号右边<表达式>的值,并把它送到赋值号左边的<变量>所确定的内存单元中。因此,该源程序的语义分析过程为:先检查赋值号右边表达式和左边变量的类型是否一致,然后再根据赋值语句的语义,对它进行翻译可得到中间代码。中间代码有多种形式,这里生成三地址代码形式的中间代码。三地址代码由三地址指令序列组成,每条指令最多

有两个操作数,三地址代码类似于某种机器的汇编语言,所用到的每个内存单元的作用类似于寄存器。

前述赋值语句可翻译为如下的三地址指令序列:

```
temp1:= 2 * 3.14
temp2:= temp1 * r
temp3:= h + r
temp4:= temp2 * temp3
s:= temp4
```

这样,将源语言形式的赋值语句翻译为三地址代码表示的另一种语言形式,这两种语言在结构形式上是不同的,但在语义上是等价的。

中间代码的产生是与语义分析紧密相连的。但由于迄今对于程序语言的语义描述还没有一个公认的形式化系统,因此,对编译程序的语义分析和中间代码生成部分的设计,在一定程度上需要采用一种半机械化的方法,并结合经验来完成。通常的做法是将产生中间代码的工作交给语义过程来完成,即每当一个语义过程被调用而对相应的语法结构进行语义分析时,它就根据此语法结构的语义,并结合在分析时所获得的语义信息,产生相应的中间代码,再把后者放到中间代码的序列中去。

4. 代码优化阶段

为了得到质量较高的目标代码,常常在中间代码生成和目标代码生成两个阶段之间,插入一个代码优化的处理阶段。代码优化的任务是对前阶段产生的中间代码进行等价变换或改造,以期获得质量较高的目标代码。所谓目标代码的质量,通常有两个衡量的标准:一个是目标程序所占用存储空间的大小,即所谓空间指标;另一个是目标程序运行时所需的时间,即所谓时间指标。对于一个没有进行优化处理工作而产生的目标程序,其质量是比较低的。

前述的中间代码经优化以后得:

```
temp2:= 6.28 * r
temp3:= h + r
temp4:= temp2 * temp3
s:= temp4
```

其中,2和3.14两个运算对象都是编译时的已知量,在编译时就可计算出它的值6.28,因此在代码优化阶段不必生成temp1:=2*3.14的运算指令。

5. 目标代码生成阶段

目标代码生成的任务是接受语义分析(或优化处理)之后所产生的中间代码,并根据前面各阶段对源程序进行分析和加工所得到的有关信息,将中间代码翻译为机器语言或汇编语言形式的目标程序。如果对源程序的编译不设置中间代码生成阶段,则在语法和语义分析之后将直接产生目标代码(也称为目标程序)。

在编译程序的5个工作阶段中,只有这个阶段是依赖于机器的。在这个阶段中,编译器除了生成目标代码外,还进行适当的依赖于机器的优化工作。

除了上述5个阶段外,在编译程序的各个阶段中,表格管理和出错管理都与编译的各个阶段有联系。

在编译过程中编译程序需要将源程序中的各种信息保留在各种不同的表格中,例如,符号名表(登记源程序中的常量名、变量名、数组名、过程名等的性质和定义等信息)、常数表(登记源程序中各种类型的常数的值)以及其他的表格。并且,在编译过程中,编译程序各个阶段的工作都要涉及构造、查找、修改或存取有关表格中的信息,对这些表格的访问也是非常频繁的。因而合理地设计和使用这些表格是编译程序构造的一个重要问题,为此,在编译程序中必须有一组专门管理各种表格的程序。

如果源程序中有错误,编译程序应该设法发现错误,并将相关的错误信息告诉用户,以便用户改正。这部分工作由一个专门的出错管理模块承担。源程序中的错误分为两大类:一类称之为语法错误,如单词的拼写、语句的结构等,对于这类错误,编译程序是可以全部发现的。另一类是语义错误,如类型的不匹配、程序逻辑上的错误等,对于这类错误,有的是很难发现的。目前的编译程序都只能检查出一些简单的语义错误,且都不具有自动校正错误的能力。一个好的编译程序应该在一次工作中尽可能多地发现源程序中的各种错误,指出错误的性质及其位置,并且尽可能地不要让这个错误影响到程序的其他部分的正常编译,因此在编译程序中还必须有一个专门的出错管理程序。

5.2.4 编译程序的逻辑结构

编译程序上述5个阶段的任务分别由5个程序完成,这5个程序分别称为词法分析程序、语法分析程序、语义分析及中间代码生成程序、代码优化程序和目标代码生成程序,另外再加上表格管理程序和出错管理程序。这些程序便是编译程序的主要组成部分,一个典型的编译程序结构如图5.5所示。

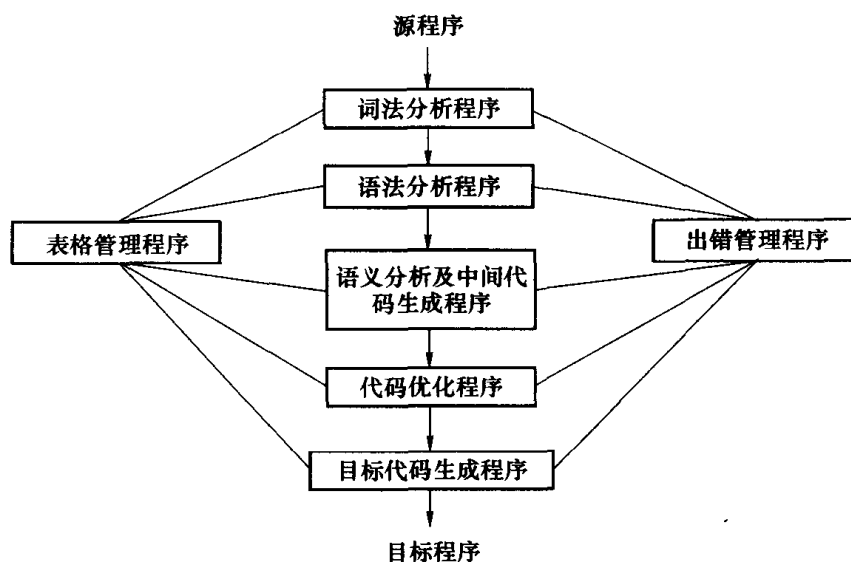


图 5.5 编译程序结构框图

需要注意的是,图中所给出的各程序对应的阶段之间的关系是指它们之间的逻辑关系,不一定是执行时间上的先后关系,在具体实现时,这些阶段可以组合在一起执行。实际上,上述各阶段的工作可按不同的执行流程来组织,这在很大程度上依赖于编译过程中对源程序扫描的遍数以及如何划分各遍扫描所进行的工作。所谓“遍”是指对源程序或其等价的中间语言程序从头到尾完整地扫描一遍,并完成规定加工处理工作的过程。这样,既可以将

编译过程的几个阶段包含在一遍之中,也可以把一工作阶段分成若干遍。例如,可以将前述 5 个阶段的工作结合在一起,对源程序从头到尾扫描一遍来完成编译的各项工作,这种编译程序称为“一遍扫描的编译程序”。对于某些程序设计语言,用一遍扫描的编译程序去实现比较困难,可采用多遍扫描的编译程序结构,每一遍完成上述某个阶段的一部分、全部或多个阶段的工作,且每一遍的工作是从前一遍获得的工作结果开始的,第一遍的输入是用户书写的源程序,最后一遍的结果就是目标程序。

一个编译程序究竟分成几遍,如何划分,是与源语言、设计要求、使用对象和硬件设备等因素有关的,很难统一划定。多遍扫描的编译程序较一遍扫描的编译程序少占存储空间,遍数多一些,可使各遍所要完成的功能独立而单纯,其编译程序逻辑结构清晰,但遍数多会增加输入输出开销,这将降低编译效率。一般在主存可能的前提下,还是遍数少一点为好。

编译程序所产生的目标代码通常还不是可以执行的,还需要经过一个连接程序的连接之后才能成为可执行的代码,如图 5.6 所示。这是因为,在用户编写的源代码中往往含有语言所提供的一些标准函数或子程序,另外也会含有用户自己以前所定义的函数或子程序。用户在源代码中往往只是使用了这些函数或子程序的名字,经过编译程序编译后产生的目标代码中是不会含有这些函数或子程序的执行代码的。因此,编译程序产生的目标代码还必须经过连接程序将这些函数或子程序的执行代码连接上以后才能成为可执行代码。

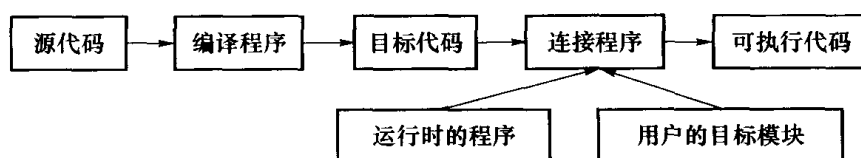


图 5.6 编译程序和连接程序

5.2.5 编译程序的生成方法

编译程序是一个复杂的系统程序,要生成一个编译程序,一般要考虑以下几个方面。

1. 精通源语言和目标语言

编译程序的功能是把某语言的源程序翻译成某台计算机上的目标程序。因此,首先要熟悉源语言(如 C 语言),要正确理解它的语法和语义;其次要搞清楚目标语言和目标机的性质。

2. 选择合适的编写语言编制程序

早期人们用机器语言或汇编语言来编写编译程序,虽然目标程序效率高,但往往要花上几年到十几年的人工劳动,且可靠性差,不便于阅读、修改和移植。现在已发展了多种适用于进行系统程序设计的高级程序设计语言,如 C 语言,Ada 语言等。因此,可以根据所设计的算法来选用高级程序设计语言编写出编译程序,这样可以提高开发效率,而且构造出来的编译程序增加了易读性、易修改和可移植性。

3. 选择编译算法

设计编译算法是构造编译程序过程中最关键的一步。编译程序各阶段涉及的算法很多,因此,要根据源语言、目标语言和编制程序的高级语言的特点和要求,选择合适的算法,使编译程序具有易读性、易改性和易扩充性。

4. 测试与维护编译程序

产生一个编译程序文本,仅仅是完成了这个开发工作的一部分,更重要的是编译程序的测试与维护工作,通过选择合适的测试程序对编写好的编译程序进行测试,不断修改来完善编译程序。

5. 提交相关文档资料

为方便用户,需提交一份有关编译程序的文档资料,内容包括源语言的文法、目标机指令系统、编译程序结构和所采用的具体策略、错误信息表及使用说明等。

我们希望能有一个自动生成编译程序的软件工具,只要把源程序的定义以及机器语言的描述输入到这个软件工具中去,就能自动生成该语言的编译程序。随着编译技术和自动机理论的发展,近年来已研制出了编译程序的一些自动生成系统。如目前已广泛使用的词法分析程序自动生成系统 LEX 和语法分析程序自动生成系统 YACC 等,此外,还有可用来自动产生整个编译程序的软件工具——编译程序产生器,它的功能是将任一语言的词法规则、语法规则和语义解释的描述作为输入,自动生成该语言的编译程序。

5.2.6 编译程序的原理和技术的应用

编译程序的理论及其技术本身是软件理论和技术发展的产物。虽然只有少数人从事构造或维护程序语言编译程序的工作,但是大部分系统软件和应用软件的开发,通常要用到编译程序的原理和技术。编译程序本身也是一种软件开发工具,有了它人们才能使用编程效率高的高级语言来编写程序。许多处理源程序的软件工具,首先要像编译程序那样对源程序进行分析。下面列举出一些要用到编译程序的原理和技术的一些软件工具。

1. 语法制导的结构化编辑器

用户可使用这种编辑器在语言的语法制导下编制出所需的源程序。结构化编辑器不仅具有通常的正文编辑和修改功能,而且还能像编译程序那样对源程序进行分析,把恰当的层次结构加在程序上,即结构化编辑器能够执行一些对编制源程序有用的附加任务。例如,它能够检查用户的输入是否正确;能够自动提供关键字(比如当用户键入 while 时,它立即显示与之匹配的关键字 do,并将这两个关键字之间必须出现的条件留给用户输入);能够从 begin 或左括号跳到与其相匹配的 end 或右括号。因此,使用结构化编辑器可以保证源程序无语法错误,并有统一的、可读性好的程序格式,这无疑将提高程序的开发效率和质量。

2. 程序格式化工具

程序格式化工具分析源程序并以使程序结构变得清晰可读的形式打印出来。例如,注释可以以一种专门的字形出现,且语句的嵌套层次结构可以用缩排方式(齿形结构)表示出来。

3. 软件测试工具

软件测试在当前是保证软件质量,提高软件可靠性的现实途径。有两种测试方法:静态分析和动态测试,与此相应的有两类测试工具。

(1) 静态分析器

静态分析器读一个源程序,并在不运行该程序的情况下对其进行分析,以发现程序中潜在的错误或异常。静态分析器的分析部分类似于优化编译程序。例如,静态分析器可以检测出那些不可能执行到的源代码,或某些未定义(未给变量赋值)就引用的变量。此外,还能

发现某些逻辑错误,如程序中试图使用一个实型变量作为指针等。

(2) 动态结构测试器

动态结构测试是在一组测试用例下,实际执行程序,记录程序的实际执行路线,并将实际运行结果与期望结果进行比较,以发现程序中的错误或异常。为了达到对程序运行轨迹实行追踪的目的,需要对源程序进行分析,并在分析基础上插入用于记录和显示程序执行轨迹的语句或函数。

其他软件质量保证工具还有程序切片分析工具、源程序调试器和程序质量评价工具等,其工作过程也都需要对源程序进行分析并做相应的处理。

4. 程序理解工具

工具对程序进行分析,确定模块间的调用关系,记录程序数据的静态属性和结构属性,并画出控制流程图,帮助用户理解程序。

5. 高级语言的翻译工具

在软件开发过程中,常常需要将某种高级语言开发的程序翻译成另一种高级语言程序。特别是在推行一种新语言的时候,为了在一个部门和一个系统内采用新语言以实现语言的统一,就需要将老语言所编写的软件翻译为新语言的软件。

由本节的简单讨论可知,编译程序的原理和技术不仅是编译程序的开发者或维护者所必须掌握的,也是一切从事软件开发和研究的计算机科学家和工程技术人员所必须具有的专业基础知识。

习 题

1. 什么是编译程序?
2. 编译过程的五个阶段是什么?
3. 请给出编译程序的结构框图。

5.3 数据库系统原理

随着计算机科学技术的发展,计算机应用已经进入社会的各个领域,计算机的作用也从科学计算扩展到事务管理等多个方面,作为目前数据管理技术发展的最高形式——数据库技术已成为计算机科学的一个重要分支。本节将介绍数据库的基本概念、关系数据库、数据库的发展趋势等内容。

5.3.1 数据库基础

1. 常用术语

首先介绍几个与数据库技术相关的常用术语。

数据:数据就是指对客观事物特性和特征的一种抽象的符号化的表示。例如,几个工人的基本情况包括姓名、性别、出生年月、家庭住址等信息。每个工人的情况,就是一个数据。

信息:是数据经过加工处理后的有用结果,信息除可以用数字和文字外,也可用图像、声

音等表示,形成广义上的数据或信息。例如,工厂根据工人的情况来分配工人的工种、单身宿舍的安排、女工不安排重体力活等。

数据处理:所谓数据处理就是数据被加工的过程,是把原始数据进行收集、整理、储存、分类、排序、检索、维护加工、统计和传输等一系列活动的总称。数据处理的目的是获得所需要的资料和提取有用的数据成分,以作为决策的依据。

数据管理技术经历了手工档案管理(如手工统计数据),机械管理(如穿孔卡片统计数据),电子设备管理(使用光电阅读机处理数据)3个阶段。利用计算机进行数据管理的技术也经历了手工管理,文件管理和数据库管理3个阶段。

2. 数据库

数据库(Database,简记为DB)是长期存储在计算机内、有组织的、统一管理的相关数据的集合。数据库包括如下特点:

(1) 数据的共享性:数据库中的数据必须能为多个用户服务,否则数据库将失去意义,若能为多个用户服务,需要满足下列要求:所有用户可以同时存取数据而互不影响,数据库不仅可以为当前的用户服务,也可以为将来的新用户服务,可以使用多种编程语言实现同数据库的连接。

(2) 数据的独立性:指用户的应用程序与数据的逻辑组织和数据的物理储存方式无关。应用程序不必随数据储存结构的变动而改变。数据独立性加强了数据处理系统的稳定性,从而提高了程序维护的效益。

(3) 数据的完整性:数据库中的数据在操作和维护的过程中应当保持正确无误。

(4) 数据的冗余少:数据冗余指一些不必要重复的数据。

(5) 避免了数据的不一致性:由于数据只有一个物理备份,对数据的访问不会出现不一致的情况;由于进行集中控制,有利于控制数据的完整性;数据库采取了并发访问控制机制;数据库系统还采取了一系列措施,实现了对数据库遭到破坏后的恢复。

3. 数据库管理系统

数据库管理系统(Database Management System,简记为DBMS)是用于对数据库管理的软件系统,是位于用户与操作系统(OS)之间的一层数据管理软件。它的功能包括以下几个方面:

(1) 数据库的定义和建立

数据库的定义是建立数据库的第一步,它按照用户的要求定义数据库结构(框架),并向定义好的数据库装入数据。

(2) 数据库的操作功能

数据库的操作功能可接收、分析和执行数据库的存取请求,包括检索、插入、删除和更新等。

(3) 数据库的运行控制功能

数据库运行的控制功能控制数据库的运行和用户的并发访问,主要包括:

① 完整性控制:用户操作数据库时通过约束条件对操作要求进行检查,保证数据的正确和一致。

② 安全性控制:在多个用户共享数据的情况下,通过鉴定用户身份、设置用户权限、校对口令等措施防止数据被非法使用或破坏。

③ 并发控制:在多个用户同时访问同一批共享数据(并发)时,通过加锁与解锁来保证各种操作的正确性和数据的一致性。

(4) 数据库的维护功能

保证系统的正常运行,向用户提供有效的数据服务,包括数据库的重定义、重结构以及重组织等。

(5) 数据库恢复功能

包括复制数据库、建立运行日志、恢复和重运行数据库。

(6) 数据库通信

保证联机用户通过远程终端来存取数据库。

(7) 数据库监督功能

用来监督数据库的运行,必要时采取相应的措施,保证数据库的正常运行。

4. 数据库系统

数据库系统(Database System,简记为 DBS)是实现有组织地、动态地存储大量关联数据,方便多用户访问的计算机硬件、软件和数据资源组成的系统,即采用数据库技术的计算机系统。

数据库系统由以下部分组成:

(1) 数据:包括数据库系统管理的所有数据,是数据库系统的管理对象。

(2) 硬件:是数据库系统的物理支撑。包括主机、磁盘及输入输出设备等。

(3) 软件:包括系统软件和应用软件。系统软件包括操作系统和数据库管理系统 DBMS;应用软件则是用户在 DBMS 基础上根据实际需要,自己开发的应用程序。

(4) 用户:数据库系统的开发者、使用者、维护者和管理者。可分为批处理用户、联机用户和系统用户。

① 批处理用户:一般指专业程序员,他们根据需要使用程序设计语言编制程序存取数据库,并作某种处理。

② 联机用户或称终端用户:主要任务是使用数据,他们通常只需要从数据库中获取有关综合的信息,如数据增、删、改、查找、统计等。使用方式有两种:利用系统提供的操作命令或开发人员提供的应用程序。

③ 系统用户:也称数据库管理员(DBA, DataBase Administrator),负责对数据的维护,是数据库的责任维护者。

DBS 包含 DBMS 和 DB。

5. 数据模型

数据模型是现实世界数据特征的抽象,通俗地讲,数据模型就是现实世界的模拟。现有的数据库系统均是基于某种数据模型的,数据模型是数据库系统的核心和基础。

(1) 3 个世界

计算机不能直接处理现实世界中的具体事物,所以必须事先将具体事物转换成计算机能够处理的数据。人们把客观存在的事物以数据的形式存储到计算机中,需要经历对现实世界中事物特性的认识、概念化到计算机数据库里的具体表示的逐级抽象过程,即需要经历

现实世界→概念世界→机器世界 3 个世界。有时也将概念世界称为信息世界,将机器世界称为存储或数据世界。

现实世界→(抽象)→概念世界→(转化)→机器世界
(概念模型) (数据模型)

① 现实世界

人们管理的对象存于现实世界中。现实世界的事物及事物之间存在着联系,这种联系是客观存在的,是由事物本身的性质决定的。例如学校的教学系统中有教师、学生、课程,教师为学生授课,学生选修课程并取得成绩。

② 概念世界

概念世界是现实世界在人们头脑中的反映,是对客观事物及其联系的一种抽象描述,从而产生概念模型。概念模型是现实世界到机器世界必然经过的中间层次,它涉及到下面几个术语:

- 实体:客观存在并且可以相互区别的事物称为实体。实体可以是实际事物,也可以是抽象事件,如一个职工、一场比赛等。
- 实体集:同一类实体的集合称为实体集,如全体职工。注意区分“型”与“值”的概念,如每个职工是职工实体“型”的一个具体“值”。
- 属性:描述实体的特性称为属性。如职工的职工号、姓名、性别、出生日期和职称等。
- 关键字:如果某个属性或属性组合的值能唯一地标识出实体集中的每一个实体,可以选其作关键字。用作实体标识的关键字,也称为码。如“职工号”就可作为关键字。
- 联系:实体集之间的对应关系称为联系,它反映现实世界事物之间的相互关联。联系分为两种,一种是实体内部各属性之间的联系。另一种是实体之间的联系。

③ 机器世界

存入计算机系统里的数据是将概念世界中的事物数据化的结果。为了准确地反映事物本身及事物之间的各种联系,数据库中的数据必须有一定的结构,这种结构用数据模型来表示。数据模型将概念世界中的实体及实体间的联系进一步抽象成便于计算机处理的方式。

(2) 数据模型

数据模型是表示实体类型及实体类型间联系的模型。根据模型应用目的不同,可将数据模型划分为两类,它们分别属于两个不同的层次,第一类是概念模型,第二类是逻辑模型和物理模型。

① 概念模型

也称为信息模型,是一种独立于计算机系统的模型。它不涉及信息在计算机系统上的表示,只是用来描述某个特定组织所关心的信息结构。概念模型强调语义表达功能,它是现实世界的第一层抽象(概念世界)。最常见的概念模型是实体联系(E-R)模型,该模型使用E-R图来表示。

概念模型按照用户的观点对数据和信息进行建模,主要用于数据库设计。

② 逻辑模型

直接面向数据库的逻辑结构,是现实世界的第二层抽象(机器世界)。这类模型涉及到计算机系统和数据库管理系统,所以有时也称为“结构数据模型”。DBMS所支持的数据模型分为5种:层次模型、网状模型、关系模型、对象关系模型和面向对象模型。其中第5种数据模型目前并未成熟,因此一般讲有前4种数据模型,层次模型和网状模型称为非关系模型。

逻辑模型按照计算机系统的观点对数据建模,主要用于DBMS的实现。

③ 物理模型

是对数据最低层的抽象,描述数据在系统内部的表示方式和存取方法,在存储介质上的存储方式和存取方法,是面向计算机系统的。物理模型的具体实现是 DBMS 的任务,数据库设计人员要了解和选择物理模型,一般用户则无须考虑物理级的细节。

(3) 数据模型的组成要素

一般来讲,数据模型是严格定义的一组概念的集合。这些概念精确地描述了系统的静态特性、动态特性和完整性的约束条件。因此,数据模型通常由数据结构、数据操作和完整性约束 3 部分组成。

数据结构描述数据库的组成对象以及对象之间的联系,是刻画一个数据模型性质最重要的方面。因此,在数据库系统中通常按照其数据结构的类型来命名数据模型,如具有关系数据结构的数据模型称为关系模型。

数据操作是指对数据库中各种对象的实例允许执行的操作的集合,包括操作及有关的操作规则。

数据库的完整性约束条件是一组完整性规则。完整性规则是给定的数据模型中数据及其联系所具有的制约和依存规则,用来限定符合数据模型的数据库状态以及状态的变化,以保证数据的正确、有效和相容。

5.3.2 关系数据库

1. 关系模型概述

用二维表格数据(即集合论中的关系)来表示实体和实体间联系的模型称为关系数据模型。关系模型的特点如下:

(1) 一个关系表格中的每一列属性都是不可再分的基本字段。

(2) 各列指定一个相异的名字,各行不允许重复。

(3) 一个关系表格中,所有的记录格式相同,长度相同。

(4) 同一列数据的性质是相同的,它们都是一个属性的值。

(5) 任意交换两列,或交换两行不影响整个表的内容,也就是说,行和列的排列顺序是无关紧要的。

表 5.2 是常见的二维表示例,这样一个二维表在关系模型中可以表示为一个关系。

表 5.2 二维表示例

编号	姓名	性别	出生年月	职称	婚否	基本工资	奖金	简历
0101	李莉娟	女	01/12/78	助工	• F •	1230.50	130.00	93 年毕业
0102	王万宏	男	12/23/60	高工	• T •	2500.00	150.00	
0103	张华伟	男	07/01/70	工程师	• T •	2240.00	160.00	
0104	赵 斌	男	11/05/54	高工	• T •	2350.00	280.00	
0105	梁 萍	女	03/12/79	助工	• F •	1210.00	120.00	
0201	王兰香	女	11/23/78	工人	• F •	1230.00	234.00	85 年毕业
0202	黄丽丽	女	05/12/67	工程师	• T •	2350.00	240.00	
0203	王永歌	男	06/29/72	助工	• F •	2240.00	125.00	
0204	许艳艳	女	02/28/64	高工	• F •	2490.00	330.00	
0205	李建辉	男	04/12/68	工程师	• T •	2340.00	140.00	

在传统的数据库系统中,关系模型出现的最晚,但其生命力最强,因为与层次模型和网状模型相比,关系模型具有如下几个优点:

- (1) 数据结构简单,概念清楚,符合习惯。
- (2) 能直接反映实体间的3种(一对一、一对多、多对多)联系。
- (3) 格式单一,一律为表格框架,通过公共属性可建立关系之间的联系。
- (4) 关系规范化具有严格的理论基础。

关系模型包括以下几个基本操作:

(1) 选择(Select)

选择是从一个关系中找到满足一定条件的所有元组(记录),构成一个新的关系。所形成的新关系是原有关系的一个子集。因此,选择是对于关系中的记录的筛选,即在二维表中筛选出若干行。例如在表5.2中,按条件找出姓名为“王万宏”的数据记录就是选择操作。

(2) 投影(Project)

投影是从一个关系中选择所需要的若干属性(字段),构成一个新的关系,所形成的新关系同样是原来关系的子集,与选择操作不同是,投影是对于文件中的字段的筛选,即在表格中筛选若干列。例如在表5.2中选择所有记录的编号、姓名、基本工资这3个属性(字段)进行投影。

选择和投影操作可以联合使用,以便从数据文件中提取某些记录和某些数据项,例如,查找男职工的姓名、基本工资项就需要选择和投影的联合使用。

(3) 连接(Join)

连接是从两个关系中按一定的条件分别选取其中的若干属性(字段),形成新的关系。生成的新关系中行的选取,取决于规定的条件。例如,另外一表中有表5.2中人员的增加工资项(设有编号、姓名、增加工资三字段),可根据编号相同的原则将两表连接成一新表。

2. 关系模型的特性

如前所述,关系系统基于正规的关系基础理论,即关系数据模型。直观地说,关系系统是这样的系统:

① 结构化方面

数据库中的数据对用户来说是表,并且只是表。

② 完整性方面

数据库中的这些表满足一定的完整性约束。

③ 操纵性方面

用户可以使用用于表操作的操作符,例如,为了检索数据,需要使用从一个表导出另一个表的操作符,其中选择、投影和连接这3种操作尤为重要。

表5.3中给出了一个简单的关系数据库示例——部门和雇员数据库,它描述了一个单位的简单信息(部门和雇员),包括两个关系,其一为部门关系(DEPT)和雇员关系(EMP)。DEPT描述了单位内各部门的基本信息,EMP描述了单位各雇员的基本信息。直观地,一个数据库给人的感觉就是一张张表的集合。

表 5.3 关系数据库示例——部门和雇员数据库

(a) 部门关系 DEPT			(b) 雇员关系 EMP			
部门编号	部门名称	预算	雇员编号	雇员姓名	部门编号	雇员月薪
D1	市场部	10 M	E1	Lopez	D1	40 k
D2	开发部	12 M	E2	Cheng	D1	42 k
D3	技术研究部	5 M	E3	Jon	D2	30 k
			E4	Saito	D2	35 k

表 5.4 中显示了对表 5.3 中数据库的选择、投影和连接操作示例。以下 3 个例子中,最后一个关于连接的例子需要进一步解释。

表 5.4 选择、投影和连接操作结果示例

(a) 选择操作结果(DEPTs where 预算 > 8 M)			(b) 投影操作结果(DEPTs over 部门编号, 预算)	
部门编号	部门名称	预算	部门编号	预算
D1	市场部	10 M	D1	10 M
D2	开发部	12 M	D2	12 M
			D3	5 M

(c) 连接操作结果(DEPTs and EMPs over 部门编号)					
部门编号	部门名称	预算	雇员编号	雇员姓名	雇员月薪
D1	市场部	10 M	E1	Lopez	40 k
D1	市场部	10 M	E2	Cheng	42 k
D2	开发部	12 M	E3	Jon	30 k
D2	开发部	12 M	E4	Saito	35 k

先观察到 DEPT 和 EMP 两个表都有一个共同的列“部门编号”,因此它们可以根据这一列的相同值连接起来。当且仅当两个表中对应行的部门编号值相同时,DEPT 的一行才能连接 EMP 表中对应的一行(产生结果表的一行)。例如,DEPT 和 EMP 行:

部门编号	部门名称	预算	雇员编号	雇员姓名	部门编号	雇员月薪
D1	市场部	10 M	E1	Lopez	D1	40 k

连接起来的结果行:

部门编号	部门名称	预算	雇员编号	雇员姓名	雇员月薪
D1	市场部	10 M	E1	Lopez	40 k

因为在公共列(“部门编号”)上它们有相同的值 D1。注意,在结果行中相同的值只出现一次。连接的结果包含了这样所有可能得到的行。

尤其注意,尽管在 DEPT 表中有 D3 一行,但因为 EMP 行中没有部门编号的值 D3,结果中就没有出现 D3 行。现在,表 5.4 中清楚地显示出 3 种操作的每个结果都是一个表(如前所述,实际上是从一个表导出另一个表的操作),这是关系系统的闭包特性。基本上,因为任何操作的输出和其输入的对象种类相同——它们都是表——所以,一个操作的输出能变成另一个操作的输入。因此,可以采取组合操作,如连接的投影、两个选择后的连接或一个

投影的选择等等操作,即可以编写嵌套的表达式来处理数据——操作数本身也是由一个表达式来表示的,而不仅仅是一个表名。

顺便提一下,当提到一个操作的输出是另一个表时,是从概念视图的角度来说的,但并不意味着系统实际上必须将每个单独操作的结果(中间结果)实例化。例如,假设要计算一个连接的选择,概念上可以这样理解:连接后的行一旦形成,系统就立即检查该行是否满足指定的条件以判定是否属于最终结果,如果不是就立即抛弃该行。但 DBMS 在实际操作时,连接操作的中间结果根本不会以完整的实例表形式存在,通常为了提高效率,系统尽可能不将中间结果生成完整的表。

表 5.4 中还清楚地说明了关系操作的一个特点:操作是一次一集合,而不是一次一行;即操作数和结果是完整的表,而不只是单行,是包含行集的表(当然,只包含一行的表是合法的;空表,即根本不包含任何行的表,也是合法的)。例如表 5.4 中,分别对两个表对应的 3 行和 4 行的连接操作,就返回一个 4 行的结果表。相应地,非关系系统中典型的操作是一次一行或一次一记录;因此,集合处理能力是关系系统区别于其他系统的一个重要特征。

简而言之,关系模型包括下列 5 部分:

- ① 一个可扩展的标量类型的集合(尤其包括布尔型或真值型)。
- ② 关系类型生成器和对应这些关系类型的解释器。
- ③ 实用程序,用于定义生成关系类型的关系变量。
- ④ 向关系变量赋关系值的关系赋值操作。
- ⑤ 从其他关系值中产生关系值的、可扩充的关系操作符集合。

关系模型要比“表加上选择、投影和连接”多得多,尽管关系模型常常以此为特征。

注意:你可能会惊讶于没有对完整性约束进行明确的定义。事实上,这些约束表示的只是关系操作符的一个应用,即这些约束是由操作符来表达的。

3. 关系和关系变量

再回到表 5.3 中的部门和雇员数据库来看另外一个重要的观点。实际上,数据库中的 DEPT 和 EMP 是关系变量,即它们的值是关系值(不同的时候是不同的值)。例如,假定 EMP 中的值如表 5.3 所示,并假定删除 Saito 这一行(雇员号为 E4):

DELETE EMP WHERE 雇员编号 = 'E4';

结果如表 5.5 所示。

表 5.5 删除 E4 后的 EMP

雇员编号	雇员姓名	部门编号	雇员月薪
E1	Lopez	D1	40 k
E2	Cheng	D2	42 k
E3	Jon	D3	30 k

从概念上说,以上就是 EMP 旧的关系值被一个新的关系值所代替。当然,旧值(4 行)和新值(3 行)很相似,但是从概念上说,这两者是不同的值。确实,删除操作可以简化为一个关系赋值操作,如下:

EMP := EMP MINUS(EMP WHERE 雇员编号 = 'E4');

与所有的赋值操作一样,首先计算表达式的右边;然后计算结果赋给左边的变量(根据

定义,左边必须是特定的变量)。如上所述,最后结果就是用一个“新”的 EMP 代替“旧”的 EMP。通过类似的方式,关系的 INSERT 和 UPDATE 操作也可以简化为特定的关系赋值操作。

4. 数据字典

每个 DBMS 必须提供目录或字典功能。字典存储了各种模式(外模式、概念模式和内模式)和相应的映象(外模式/概念模式的映象,概念模式/内模式的映象)。简单地讲,数据字典包括了对系统自身有用的,诸如关系变量、索引、用户、完整性约束、安全性约束等各种对象的细节信息(有时称作描述信息或元数据),这些描述信息确保系统正确工作。例如,优化器利用索引、物理存储结构的字典信息,以及其他信息来帮助决定怎样实现用户的请求;同样地,安全子系统首先利用用户和安全性约束的字典信息来准许或拒绝这些请求。

关系系统的优点之一是在系统中字典本身就是由关系变量(更精确地说应为系统关系变量,区别于普通用户的关系变量)组成的。因此,用户能够像访问自己的数据一样访问数据字典。例如,典型的字典包括 TABLE 和 COLUMN 两种系统关系变量,分别描述了数据库中的表(即关系变量)和表中的列(说“典型的”是因为每个系统的字典都不同;这些差别是由于一个特定系统的字典必须包含许多系统特定的信息)。对于表 5.3 中的部门和雇员数据库, TABLE 和 COLUMN 关系变量中记录的信息如表 5.6 中所示。

表 5.6 数据字典示例——部门和雇员数据库在数据字典中的信息

(a) TABLE

TABNAME	COLCOUNT	ROWCOUNT	.....
DEPT	3	3	.....
EMP	4	4	.....
.....

(b) COLUMN

TABNAME	COLNAME	.....
DEPT	部门编号	.....
DEPT	部门名称	.....
DEPT	预算	.....
EMP	雇员编号	.....
EMP	雇员姓名	.....
EMP	部门编号	.....
EMP	雇员月薪	.....
.....

注意:表中 ROWCOUNT 列的存在表明对数据库的 INSERT 和 DELETE 操作会同时引起数据字典的更新。

假定部门和雇员数据库的一些用户想要确切地知道关系变量 DEPT 包含哪些列(假定由于某种原因,用户不知道该信息),那么用下面的表达式可以实现:

`(COLUMN WHERE TABNAME = 'DEPT'){ COLNAME }`

注:如果要将查询结果永久保存起来,可以像前面的例子一样,将表达式的值(查询结果)赋予另一个关系变量。大多数的例子都省略了最后赋值这一步。

下面是另一个例子：“哪一个关系变量包含了名为雇员编号的列？”可用下面的表达式来完成这个查询：

```
(COLUMN WHERE COLNAME = '雇员编号'){ TABNAME}
```

5. 基本关系变量和视图

从一组关系变量如 DEPT 和 EMP，以及一组关系变量的关系值开始，通过关系表达式，可以从指定的关系值中得到其他的关系值——例如，通过将两个指定的关系值连接起来。

现在再介绍一些术语，源(指定的)关系变量称为基本关系变量，而它们的关系值称为基本关系；通过某关系表达式从基本关系中得出的或能够得出的关系称为导出关系或可导出关系。首先，关系系统必须提供创建基本关系的方法，如在 SQL 中，这一任务是由 CREATE TABLE 语句来执行的(关键字“TABLE”表明将要创建的是基本关系变量)，例如，创建基本关系变量 EMP：

```
CREATE TABLE EMP...
```

但是，关系系统通常也支持另一种命名的关系变量——视图，在任何指定的时候，它的值都是导出的关系(因此，视图也可以当作导出的关系变量)。在指定时刻，指定视图的值是当时关系表达式的计算结果；视图创建时的关系表达式是确定的。例如语句

```
CREATE VIEW TOPEMP AS
```

```
(EMP WHERE 雇员月薪 > 33 k {雇员编号, 雇员姓名, 雇员月薪});
```

可用于定义名为 TOPEMP 的视图。为了方便，例子用 SQL 和 Tutorial D 的混合形式来表示。

当语句执行时，AS 之后的关系表达式——视图定义表达式——没有计算，只是系统以某种方式保存下来(实际上，把它保存在字典中，在名字 TOPEMP 之下)。但是，对用户来说，好像在数据库中真正存在名为 TOPEMP 的关系变量，而且在表 5.7 中的非阴影部分是它的当前值。用户能够像操纵基本关系一样操纵视图。

表 5.7 EMP 的视图 TOPEMP(非阴影部分)

雇员编号	雇员姓名	部门编号	雇员月薪
E1	Lopez	D1	40 k
E2	Cheng	D1	42 k
E3	Jon	D2	30 k
E4	Saito	D2	35 k

需要指出，基本关系变量和视图的问题存在非常大的差异：

- ① 基本关系变量是“真实存在”，意味着它们所表示的数据真正存在于数据库中。
- ② 相反，视图并不“真实存在”，只是提供了观察“真实数据”的各种方式。

6. 事务

事务是一个逻辑工作单元，通常包括几个数据库操作，并指出当不同的操作处于同一事务中时，用户要通知系统。

要理解事务需要注意以下几点问题：

- ① 要保证事务的原子性，也就是说，即使系统在处理中发生故障，也要保证(从逻辑的

观点)事务中的操作要么都做,要么都不做。

② 要保证事务的持续性,一旦事务成功地执行了 COMMIT,即使随后系统发生故障,也要确保它的更新写入数据库中。注意:本质上,是事务的持续性保证了数据库中数据的持久性。

③ 要保证事务的隔离性,事务 T1 对数据库的更新操作对任何不同的事务 T2 来说是不可见的,直到或除非 T1 成功执行 COMMIT。COMMIT 使事务的更新对其他事务来说是可见的;这些更新已经提交,并且要保证不能取消。若事务执行了 ROLLBACK,所有事务的更新操作都要取消(回滚)。对后一种情况,其结果应该就像事务一开始就没有执行一样。

④ 要保证一组并发事务的交叉执行(通常)是可串行的,即其结果与按某一未指明的次序串行地执行时的结果相同。

7. 关系型数据库管理系统的发展

从使用文件系统存储和管理数据至今,数据库的发展已经有 50 多年历史,其间出现了 20 世纪 60 年代的层次数据库(IBM 公司的 IMS, Information Management System)和网状数据库(DBTG 系统),70~80 年代的关系数据库,90 年代受面向对象技术的影响出现的面向对象数据库和对象关系数据库。如今,在数据库实际应用中,关系数据库依然处于主流地位。

1970 年,IBM 公司研究员 Edgar Frank Codd(关系数据库之父)发表了业界第一篇关于关系数据库理论的论文《A Relational Model of Data for Large Shared Data Banks》,首次提出了关系模型的概念。后来 Codd 又陆续发表多篇文章,奠定了关系数据库的基础。关系模型有严格的数学基础,抽象级别比较高,而且简单清晰,便于理解和使用。但是当时也有人认为关系模型是理想化的数据模型,用来实现 DBMS 是不现实的,尤其担心关系数据库的性能难以接受,更有人视其为当时正在进行中的网状数据库规范化工作的严重威胁。为了促进对问题的理解,1974 年 ACM(Association for Computing Machinery,美国计算机协会)牵头组织了一次研讨会,会上开展了一场分别以 Codd 和 Bachman 为首的支持和反对关系数据库两派之间的辩论。这次著名的辩论推动了关系数据库的发展,使其最终成为现代数据库产品的主流。1974 年,IBM 公司的 Don Chamberlin 和 Ray Boyce 将 Codd 关系数据库的 12 条准则的数学定义以简单的关键字语法表现出来,里程碑式地提出了 SQL(Structured Query Language)语言。

下面介绍几个主流关系数据库管理系统产品的发展历程。

(1) IBM 公司的 DB2

SYSTEM R 完成后,Donald J. Haderle(DB2 之父)带领的小组在 1982 年到 1983 年之间完成了 DB2 for VSE/VM 上的原型。1983 年底,DB2 for MVS v1 正式发布,这标志着 DB2 产品化的开始,也标志着 DB2 品牌的创立。DB2 刚诞生的时候很脆弱,为解决问题,Haderle 于 1984 年领导成立了 DBTI(DB2 Technology Institution,DB2 技术研究所),这是一个集研究、开发、市场推广于一身,致力于发展 DB2 的部门。DB2 的性能、可靠性、功能、吞吐量都有了极大的提高,已经能够适应各种关键业务的需求。1988 年,DB2 for MVS 的卓越处理能力和稳定性得到了业界的广泛认可。1987 年 IBM 发布带有关系型数据库能力的 OS/2 v1.0 扩展版,这是 IBM 第一次把关系型数据库处理能力扩展到微机系统。这也是 DB2 for OS/2、Unix and Windows 的雏形。1988 年 IBM 发布了 SQL/400,为集成了关

系型数据库管理系统的 AS/400 服务器提供了 SQL 支持。1994 年 IBM 将 DB2 Common Server 扩展到 HP-UX 和 Sun Solaris 上。DB2 开始支持其他公司开发的 UNIX 平台。

(2) Oracle

1977 年 6 月 Larry Ellison 等三人合伙出资 2 000 美元成立了软件开发 Relational Software 公司, Ellison 拥有 60% 的股份, 即稍后的 Oracle 公司。那时大多数人认为关系数据库不会有商业价值, 因为速度太慢, 不可能满足处理大规模数据或者大量用户存取数据。Ellison 认为这是他们的机会, 因此决定开发通用商用数据库系统 Oracle, 这个名字来源于他们曾给中央情报局做过的项目名(此时 Berkeley 大学也开始开发关系数据库系统 Ingres), 他们次年完成了 Oracle1, 用汇编语言开发, 基于 RSX 操作系统, 运行在 128 kB 内存的 PDP-11 小型机上。1986 年的 Oracle5 实现了真正的 Client/Server 结构, 开始支持基于 VAX 平台的群集, 成为第一个具有分布式特性的数据库产品。1988 年 Oracle 公司发布 Oracle6。1992 年正式推出 Oracle7。后陆续发布了 Oracle 8i、Oracle 9i 和 Oracle 10g。

(3) Sybase

1984 年 Sybase 公司由 Mark Hoffman 和 Bob Epstein 共同创立。公司名称“Sybase”取自“system”和“database”相结合的含义。Sybase 公司的创始人之一 Bob Epstein 是 Ingres 大学版(与 System/R 同时期的关系数据库模型产品)的主要设计人员。1995 年 8 月 Sybase 与 Powersoft 公司合并。Powersoft 公司创始人 Mitchell E. Kertzman 有着和 Microsoft 的 Gates、Oracle 的 Ellison 相似的经历, 大学辍学、白手起家, 经营某项专利技术直到把它作大, 其公司的旗舰级产品 PowerBuilder, 曾经引领了一个时代。同年, Sybase 成为第一家通过 ISO 9001 最高标准的软件公司。Sybase 成为全世界第六大软件公司。

(4) Microsoft 公司的 SQL Server

1987 年, 微软和 IBM 合作开发完成 OS/2, IBM 在其销售的 OS/2 Extended Edition 系统中绑定了 OS/2 Database Manager, 而微软的产品线中尚缺少数据库产品, 为此微软将目光投向当时虽没有正式推出产品但已在技术上崭露头角的 Sybase, 同 Sybase 签订了合作协议, 使用 Sybase 的技术开发基于 OS/2 平台的关系型数据库。1989 年, 微软发布了 SQL Server 1.0 版。继 1995 年发布代号为 SQL95 的 SQL Server 6.0 后, 微软推出了影响深远的 SQL Server 6.5。SQL Server 6.5 是一个性能稳定、功能强大的现代数据库产品。值得一提的是, 该产品完全是使用 Windows 平台的 API 接口完成的, 没有使用未公开的内部函数, 完全作为一个应用程序工作, 不直接使用操作系统的地址空间。SQL Server 6.5 采用多线程模型, 支持动态备份, 内嵌大量可调用的调试对象, 提供开放式接口和一整套开发、管理、监测工具集合, 还提供了多 CPU 的支持。

(5) Interbase

由 HP 公司开发的一个较早且比较成熟的 RDBMS, 后转卖给 Ashton-Tate 公司, 最后被 Borland 公司并购, 目前主要集成在 Borland 公司的产品中。

自 PC 机上极为实用的关系型数据库 dBASEⅢ由美国 Ashton-Tate(有文献表述为 Aston-Tate)公司首先推出、在市场推广以来, 微型计算机在各行各业的应用也进入一个新的阶段。1987 年, 美国 Fox software 公司相继推出了 FoxBASE 1.0 和 FoxBASE 2.0, 由于 FoxBASE 和 dBASEⅢ兼容, 并扩充和增强了许多命令, 且运行速度有了大幅度的提高, 使之很快成为信息管理系统开发者的有力工具。之后, Fox software 公司又推出了 FoxPro,

它在保持与 FoxBASE 兼容的基础上,主要扩充了命令和函数,其速度比 FoxBASE 快两倍。微软公司收购了 Fox software 之后,于 1994 年推出了基于 Windows 平台和 DOS 平台的 FoxPro 2.5b,其功能也越来越强,但基于命令语句都是一样的。

5.3.3 数据库发展状况

数据库的发展已经有 50 多年的历史,其间却经历了 3 代演变。第一代数据库系统源于 20 世纪 60 年代,指的是层次数据库(IBM 的 IMS)和网状数据库(DBTG 系统)的并存;第二代数据库是 70~80 年代关系数据库;新二代数据库系统的数据模型虽然描述了现实世界数据的结构和一些重要的相互联系,但是仍不能捕捉和表达数据对象所具有的丰富而重要的语义,因此尚只能属于语法模型。

关系型数据库并不完美。目前数据库的发展方向是将原有的关系数据库与许多其他的功能(如电子邮件、个人通信等)相结合的趋势;而在企业自动化、电子政务等应用领域,人们相互进行的协同工作,也在与数据库技术融合;由于 Internet 的快速普及,半结构化数据(如文档数据、图形、图像、视频、音频、电子图书与档案、Web 网页等等)极速增加,传统意义上的关系数据库已经无法胜任这种变化了的应用需求,必须寻求新的解决办法。

第一,数据库的一个基本问题就是要找到一个恰当的数据模型来表达它所管理的对象。关系数据库的模型可以简化为普通的表格,十分适合结构化数据。但是,用表格表达半结构化数据是十分困难的事情,它处理不了这么复杂的数据内容及它们之间的结构。

第二,数据模型的变化意味着查询语言的变化。

第三,数据的变化,意味着后端对查询数据的处理要发生变化。过去的对象很简单,都是一行一行的记录。现在一个对象除了一部电影、一幅图像、一个电视节目这些对象本身以外,还有很多关于它们的描述性信息,即对象的元数据(对这些内容特征的描述),这使得数据本身呈现一种多维的趋势,数据库系统必须考虑这样的要求。

第四,在线时间方面,过去数据存储不太考虑长期(几十年)在线的情况。一般的数据使用一两年之后,就采取备份的手段将它们变成离线的,编目进行管理。现在则不同,一本书、一部档案,可能 10 年、20 年以后还要用,用户只要有需要,都希望能把它在线地调出来使用。如何在计算机里长期保存这样超大规模的数据,并且实现随时可用的在线访问,这需要一个合理的存储系统,显然这不是仅仅增加磁盘阵列就能解决的问题。

第五,是对数据的使用。传统的关系数据库管理和存储的都是结构化数据,对它的使用也很简单,就是查一条或者一组记录,然后在终端显示出来。现在,当把一张照片调出来,看照片要用特定的浏览器;把一本书调出来,需要各种索引服务。存储的对象和服务都产生了很大的变化,它会反过来对数据库的支撑技术提出很多新的要求。比如视频、音频的索引技术,都会与现在关系数据库所处理的常规数据索引有很大的不同。

因此,第三代数据库系统就应运而生。

第三代数据库系统将以更丰富的数据模型和更强大的数据管理功能为特征,从而满足更加广泛复杂的新应用的要求。新一代数据库技术的研究和发展导致了众多不同于第一、二代数据库的系统诞生,构成了当今数据库系统的大家族。第三代数据库系统应具有 3 个基本特征:

① 第三代数据库系统应支持数据管理、对象管理和知识管理。

- ② 第三代数据库系统必须保持或继承第二代数据库系统的技术。
- ③ 第三代数据库系统必须对其他系统开放。

1. 数据库研究热点

当前数据库研究领域的重要研究热点,包括文本、数据、代码、数据流的集成,异构数据源的信息融合,传感器网络,多媒体查询,不确定数据推理,个性化信息服务和信息处理,针对信息关联性的无人监督数据挖掘技术,可信系统与信息隐私,DBMS 的自适应、自管理和自修复,新型用户界面,数据的永久保存,永恒的查询优化等等。限于篇幅,下面只列出几方面,有兴趣的读者可以参考相关书籍。

- ① 信息集成
- ② 移动数据管理
- ③ 网格数据管理
- ④ 传感数据库技术
- ⑤ DBMS 的自适应管理

2. 当前几种比较重要的新技术与新系统

下面概要地介绍几种当前比较重要的新技术与新系统。

(1) 分布式数据库系统

一个粗略的分布式数据库系统的定义是:分布式数据库由一组数据组成,这些数据物理上分布在计算机网络的不同结点上,逻辑上是属于同一个系统。这个定义强调了两点:

- ① 分布性。数据库中的数据不是存储在同一场地上,更确切地讲,不存储在同一计算机的存储设备上,这就可以和集中式数据库相区别。
- ② 逻辑整体性。这些数据逻辑上是互相联系的,是一个整体。这就可以和分散在计算机网络不同结点上的那些集中式数据库或文件的集合相区别。

分布式数据库系统的特点:

- ① 数据独立性
- ② 集中与自治相结合的控制结构
- ③ 适当增加数据冗余度
- ④ 全局的一致性、可串行性和可恢复性

(2) 对象关系数据库系统

对象关系数据库系统是面向对象数据模型与关系数据模型相结合的产物。它在传统关系数据库的基础上吸收了面向对象模型的主要思想,同时又保持了关系数据库系统的优点,成功开发了诸如 Postgres, Illustra 等原型系统。近年来,各大 RDBMS 厂商也已推出了各自产品的对象-关系版本,从而满足了许多新的数据库应用需求。

(3) XML 数据库

“如果谁能控制、支持和存储所有类型的数据,那么这样的厂商也就有能力扩展自己其他产品和服务的市场空间。因此整合 XML、对象数据、多媒体数据,将所有数据类型放在一个平台上将是传统的关系数据库发展的一大趋势。”这也是数据库厂商大动干戈的主要原因。传统关系数据库中,管理的是结构化数据,数据是以行和列的二维表形式进行存储,并通过标准的 SQL 查询语言进行查询。而随着 Web 时代的到来,在 Web 大背景下“泛数据”管理成为人们关注的重点。所谓“泛数据”就是指包含了文档、电子邮件等各种类型的数据,

这些数据通常都不是以行和列的格式存在的,不像关系数据那样是严格的结构化数据,因此对这类数据的存储管理以及快速高效的查询是对传统关系型数据库的挑战。

目前 XML 标准日益成熟,并很快成为各种复杂的异构数据交换的核心技术和未来数据定义的标准格式,例如微软将在下一代 Office 软件中采用 XML 数据格式。因此将 Native(原生)XML 格式的数据存储在关系数据库中并支持对 XMLQuery 查询,正是这些新推出的数据库产品的亮点之一。

(4) 数据仓库与联机分析处理技术

数据仓库是信息领域中近年来迅速发展起来的数据库新技术。数据仓库的建立,能充分利用已有的数据资源,把数据转换为信息,从中挖掘出知识,提炼成智慧,最终创造出效益。所以,越来越多的企业开始认识到数据仓库应用所带来的好处。

计算机系统中存在着两类不同的数据处理工作:操作型处理和分析型处理,也称作 OLTP(联机事务处理)和 OLAP(联机分析处理)。

① 数据仓库的基本特征

- 数据仓库的数据是面向主题的。
- 数据仓库的数据是集成的。
- 数据仓库的数据是不可更新的。
- 数据仓库的数据是随时间不断变化的。

② 联机分析处理技术

OLAP 是以海量数据为基础的复杂分析技术。OLAP 支持各级管理决策人员从不同的角度、快速灵活地对数据仓库中的数据进行复杂查询和多维分析处理,辅助各级领导进行正确决策,提高企业的竞争力。

③ 数据挖掘技术

面对日益激烈的市场竞争,客户对迅速应答各种业务问题的能力的要求不断提高,不仅要求回答发生什么,为何发生,还要回答将发生什么。数据挖掘技术正是支持回答“将发生什么”这类业务问题的。数据挖掘是从大量数据中发现并提取隐藏在内的、人们事先不知道的但又可能有用的信息和知识的一种新技术。数据挖掘的目的是帮助决策者寻找数据间潜在的关联,发现经营者被忽略的要素,而这些要素对预测趋势、决策行为也许是十分有用的信息。数据挖掘技术涉及数据库技术、人工智能技术、机器学习、统计分析等多种技术,它使决策支持系统跨入了一个新阶段。

习 题

1. 什么是数据库? 什么是数据库管理系统? 什么是数据库系统? 三者之间的联系如何?
2. 人们在管理实践中发现,数据库技术是信息资源的整理、保存、管理和使用的最有效的手段。数据库按其数据库结构模型分类,通常可分为层次型数据库、网络型数据库、关系型数据库、面向对象型数据库、对象-关系型数据库,各种类型的数据模型都有其自身的特点。试从关系数据库模型的优点来说明:
 - (1) 为什么人们在开发以事务处理为主的信息系统(例如信息管理系统)时,大多选

用关系数据库作为开发环境?

- (2) 在许多含有复杂数据库结构或丰富语义的实际应用领域,为什么要选用面向对象数据库、对象-关系型数据库或要对关系型数据库作某些扩充和修改。

5.4 软件工程

软件工程是在 20 世纪 70 年代为了对付应用软件日益增长的复杂程度、漫长的开发周期以及用户对软件产品经常不满意的情况而发展起来的。人类解决复杂问题时普遍采用的一个策略就是“各个击破”,也就是对问题进行分解然后再分别解决各个子问题的策略。软件工程采用的生存周期方法学就是从时间角度对软件开发和维护的复杂问题进行分解,把软件生存的漫长周期依次划分为若干个阶段。每个阶段有相对独立的任务,然后逐步完成每个阶段的任务。

经过 30 多年的研究与发展,软件工程正逐步走向成熟。但是,很多个人和公司仍然在随意地开发软件,许多软件专业的学生甚至软件工程师还没有掌握现代化的软件开发方法,以至生产的软件仍然存在大量的质量问题。因此,认真学习并在实际工作中正确地应用软件工程,是摆在面前的一项十分迫切的任务。

5.4.1 软件工程与软件危机

1. 软件危机

软件工程概念的出现源自软件危机。1964 年 IBM 宣布推出 System/360 计算机系统,该系统开发时间从 1963~1966 年,总投入年人力 5 000 人,代码量 100 万行。数千名程序员写的数百万行汇编语言代码,系统自身占据了大量存储空间和一半的 CPU 时间。在这数百万行汇编代码中却存在着成千上万处错误。IBM 不断发行新的版本试图更正这些错误,每个新版本都是从上一个版本找出 1 000 个错误而修订的结果。然而在更正老错误的同时又引入新错误。所以,随着时间的流逝,错误的数量大致保持不变。正像一只逃亡的野兽落到泥潭中做垂死的挣扎,越是挣扎,陷的越深,最后无法逃脱灭顶的灾难。这是软件危机的一个鲜明的例子。20 世纪 60 年代末以后,“软件危机”这个词频繁出现。

所谓软件危机是泛指在计算机软件的开发和维护过程中所遇到的一系列严重问题。具体来说,在软件开发维护过程中,软件危机主要表现在:

- (1) 软件需求的增长得不到满足。
- (2) 软件开发成本和进度无法控制。
- (3) 软件质量难以保证。
- (4) 软件不可维护或维护程度非常低。
- (5) 软件的成本不断提高。
- (6) 软件开发生产率的提高赶不上硬件的发展和应用需求的增长。

总之,可以将软件危机归结为成本、质量、生产率等问题。

为了消除软件危机,通过认真研究解决软件危机的方法,认识到软件工程是使计算机软件走向工程科学的途径,逐步形成了软件工程的观念,开辟了工程学的新兴领域——软件工程学。

2. 软件工程的定义

所谓软件工程是用工程、科学和数学的原则与方法研制、维护计算机软件有关技术及管理方法。软件工程包括3个要素,即方法、工具和过程。方法是完成软件工程项目的手段;工具支持软件的开发、管理、文档生成;过程支持软件开发的各个环节的控制、管理。

软件工程的核心思想是把软件产品看作一个工程产品来处理。把需求计划、可行性研究、工程审核、质量监督等工程化的概念引入到软件生产当中,以期达到工程项目的3个基本要素(进度、经费和质量)的目标。

3. 软件工程的目标与原则

(1) 软件工程的目标

软件工程的目标是,在给定成本、进度的前提下,开发出具有有效性、可靠性、可理解性、可维护性、可重用性、可适应性、可移植性、可追踪性和可互操作性且满足用户需求的产品。

基于软件工程的目标,软件工程的理论和技术性研究的内容主要包括:软件开发技术和软件工程管理。软件开发技术包括软件开发方法学、开发过程、开发工具和软件工程环境,其主体内容是软件开发方法学。软件工程管理包括软件管理学、软件工程经济学、软件心理学等内容。

(2) 软件工程的原则

为了达到上述的软件工程目标,在软件开发过程中,必须遵循软件工程的基本原则。这些原则适用于所有的软件项目。这些基本原则包括抽象、信息隐蔽、模块化、局部化、确定性、一致性、完备性和可验证性。

① 抽象:抽取事物最基本的特性和行为,忽略非本质细节。采用分层次抽象,自顶向下,逐层细化的办法控制软件开发过程的复杂性。

② 信息隐蔽:采用封装技术,将程序模块的实现细节隐藏起来,使模块接口尽量简单。

③ 模块化:模块是程序中相对独立的成分,一个独立的编程单位应有良好的接口定义。模块的大小要适中,模块过大会使模块内部的复杂性增加,不利于对模块的理解和修改,也不利于模块的调试和重用。模块太小会导致整个系统表示过于复杂,不利于控制系统的复杂性。

④ 局部化:要求在一个物理模块内集中逻辑上相互关联的计算资源,保证模块间具有松散的耦合关系,模块内部有较强的内聚性,这有助于控制解的复杂性。

⑤ 确定性:软件开发过程中所有概念的表达应是确定的、无歧义且规范的。这有助于人与人的交互不会产生误解和遗漏,以保证整个开发工作的协调一致。

⑥ 一致性:包括程序、数据和文档的整个软件系统的各模块应使用已知的概念、符号和术语;程序内外部接口应保持一致,系统规格说明与系统行为应保持一致。

⑦ 完备性:软件系统不丢失任何重要成分,完全实现系统所需的功能。

⑧ 可验证性:开发大型软件系统需要对系统自顶向下,逐层分解。系统分解应遵循容易检查、测评、评审的原则,以确保系统的正确性。

4. 软件开发工具与软件开发环境

现代软件工程方法之所以得以实施,其重要的保证是软件开发工具和环境的保证,使软件在开发效率、工程质量等多方面得到改善。

(1) 软件开发工具

早期的软件开发除了一般的程序设计语言外,尚缺少工具的支持,致使编程工作量大,质量和进度难以保证,导致人们将很多的精力和时间花费在程序的编制和调试上,而在更重要的软件

的需求和设计上反而得不到必要的精力和时间投入。软件开发工具的完善和发展将促进软件开发方法的进步和完善,促进软件开发的高速度和高质量。软件开发工具是从单项工具的开发逐步向集成工具发展的,软件开发工具为软件工程方法提供了自动的或半自动的软件支撑环境。同时,软件开发方法的有效应用也必须得到相应工具的支持,否则方法将难以有效地实施。

(2) 软件开发环境

软件开发环境(或称软件工程环境)是全面支持软件开发全过程的软件工具集合。这些软件工具按照一定的方法或模式组合起来,支持软件生命周期内的各个阶段和各项任务的完成。

计算机辅助软件工程(CASE, Computer Aided Software Engineering)是当前软件开发环境中富有特色的研究工作和发展方向。CASE 将各种软件工具、开发机器和一个存放开发过程信息的中心数据库组合起来,形成软件工程环境。CASE 的成功产品将最大限度地降低软件开发的技术难度并使软件开发的质量得到保证。

5. 软件过程与软件生命周期

ISO9000 定义:软件工程过程是把输入转化为输出的一组彼此相关的资源和活动。定义支持了软件工程过程的两方面内涵:其一,软件工程过程是指为获得软件产品,在软件工具支持下由软件工程师完成的一系列软件工程活动,包含软件规格说明、软件开发、软件确认、软件演进 4 种基本活动;其二,从软件开发的观点看,软件工程过程是使用适当的资源(包括人员、软硬件工具、时间等),为开发软件进行的一组开发活动,在过程结束时将输入(用户要求)转化为输出(软件产品)。

通常,将软件产品从提出、实现、使用维护到停止使用退役的过程称为软件生命周期。也就是说,软件生存周期是指一个软件从提出开发要求开始到该软件退役的整个时期。一般包括可行性研究与需求分析、设计、实现、测试、交付使用以及维护等活动,如图 5.7 所示。这些活动可以有重复,执行时也可以有迭代。

(1) 可行性研究与计划制定

确定待开发软件系统的开发目标和总的要求,给出它的功能、性能、可靠性以及接口等方面的可能方案,制定完成开发任务的实施计划。

(2) 需求分析

对待开发软件提出的需求进行分析并给出详细定义,编写软件规格说明书及初步的用户手册,提交评审。

(3) 软件设计

系统设计人员和程序设计人员应该在反复理解软件需求的基础上,给出软件的结构、模块的划分、功能的分配以及处理流程。

(4) 软件实现

把软件设计转换成计算机可以接受的程序代码。

(5) 软件测试

在设计测试用例的基础上,检验软件的各个组成部分,编写测试分析报告。

(6) 运行和维护

将已交付的软件投入运行,并在运行使用中不断地维护,根据新提出的需求进行必要而

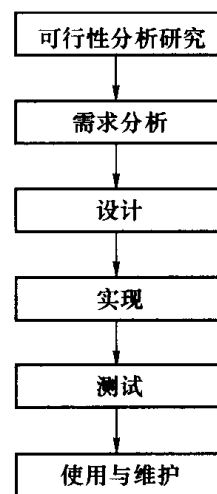


图 5.7 软件开发活动图

且可能的扩充和删改。

合理组织软件开发活动在各软件开发阶段的比重、顺序,即定义科学合理的软件过程是软件工程的重要内容。它为软件工程管理提供里程碑和进度表。到现在为止,已经提出了多种软件过程模型,如瀑布模型,快速原型模型,螺旋模型,喷泉模型,智能模型等。

5.4.2 需求分析

1. 需求分析基础

软件需求是指用户对目标软件系统在功能、行为、性能、设计约束等方面的期望。需求分析的任务是通过对问题及环境的理解、分析,将用户需求精确化、完全化,最终形成需求规格说明,描述系统信息、功能和行为。

(1) 需求分析的定义

1997 年 IEEE 软件工程标准词汇表对需求分析定义如下:

- ① 用户解决问题或达到目标所需的条件或权能。
- ② 系统或系统部件要满足合同、标准、规范或其他正式规定文档所需具有的条件或权能。
- ③ 一种反映①或②所描述的条件或权能的文档说明。

由此可见,需求分析的内容包括:提炼、分析和仔细审查已收集到的需求;确保所有利益相关者都明白其含义并找出其中的错误、遗漏或其他不足的地方;从用户最初的非形式化需求到满足用户对软件产品的要求的映射;对用户意图不断进行提示和判断。

(2) 需求分析的主要工作内容

需求分析的主要工作内容,可以概括为 4 个方面:

① 需求获取

需求获取是在同用户的交流过程中不断收集、积累用户的各种信息,并且通过认真理解用户的各项要求,澄清那些模糊的需求,排除不合理的,从而较全面地提炼系统的功能性与非功能性需求。一般功能性与非功能性需求包括系统功能、物理环境、用户界面、用户因素、资源、安全性、质量保证及其他约束。

需求获取的目的是确定对目标系统的各方面需求。涉及的主要任务是建立获取用户需求的方法框架,并支持和监控需求获取的过程。

需求获取涉及的关键问题有:对问题空间的理解;人与人之间的通信;不断变化的需求。

② 需求分析

对获取的需求进行分析和综合,最终给出系统的解决方案和目标系统的逻辑模型。

③ 编写需求规格说明书

需求规格说明书作为需求分析的阶段成果,可以为用户、分析人员和设计人员之间的交流提供方便,可以直接支持目标软件系统的确认,又可以作为控制软件开发进程的依据。

④ 需求评审

在需求分析的最后一步,对需求分析阶段的工作进行复审,验证需求文档的一致性、可行性、完整性和有效性。

2. 软件需求规格说明书

软件需求规格说明书是需求分析阶段的最后成果,是软件开发中的重要文档之一。在软件项目开始启动的初期,用户会向开发方提交需求描述,内容包括目标产品的工作环境描

述及用户对目标产品的初步期望,其目的仅在于向开发人员解释其需求。这里讨论的需求规格说明与之完全不同,它是由开发人员经需求分析后形成的软件文档,其内容将更为系统、精确和全面,因为它必须服务于以下目标:

(1) 便于用户、分析人员和软件设计人员进行理解和交流。用户通过需求规格说明书在分析阶段即可初步判定目标软件能否满足其原来的期望,设计人员则将需求规格说明书作为软件设计的基本出发点。

(2) 支持目标软件系统的确认。软件开发目标是否完成不应由系统测试阶段的人为因素决定,而应根据需求规格说明书中确立的可测试标准决定。因此,需求规格说明书中的各项需求都应该是可测试的。

(3) 控制系统进化过程。在需求分析完成之后,如果用户追加需求,那么需求规格说明书将用于确定追加需求是否为新需求。如果是,开发人员必须针对新需求进行需求分析,扩充需求规格说明书,再进行软件设计等等。

需求规格说明书的主体包括功能与行为需求描述及非行为需求描述两部分。功能与行为需求描述说明系统的输入、输出及其相互关系。非行为需求是指软件系统在工作时应具备的各种属性,包括效率、可靠性、安全性、可维护性、可移植性等等。为使需求规格说明书更加单纯、简洁,其他内容不应写入需求规格说明书,例如人员需求、成本预算、进度安排、软件设计方案、质量控制方案等等,这些内容可单独形成其他文档。

下面给出一种国际上较为流行的需求规格说明书标准。读者从中可进一步了解需求规格说明书的内涵,并在软件开发实践中据此制定自己的格式。它由一个基本构架和一系列针对每类软件问题的特定需求描述格式构成。

1. 引言

1.1 需求规格说明书的目的

1.2 软件产品的作用范围

1.3 定义、同义词与缩写

1.4 参考文献

1.5 需求规格说明书概览

2. 一般性描述

2.1 产品与其环境之间的关系

2.2 产品功能

2.3 用户特征

2.4 限制与约束

2.5 假设与前提条件

3. 特殊需求

附录

索引

特殊需求的描述格式可为:

3. 特殊需求

3.1 功能或行为需求

3.1.1 功能或行为需求 1

- 3.1.1.1 引言
 - 3.1.1.2 输入
 - 3.1.1.3 处理过程描述
 - 3.1.1.4 输出
 - 3.1.2 功能或行为需求 2
 - 3.1. n 功能或行为需求 n
 - 3.2 外部界面需求
 - 3.2.1 用户界面
 - 3.2.2 硬件界面
 - 3.2.3 软件界面
 - 3.3 性能需求
 - 3.4 设计约束
 - 3.4.1 标准化约束
 - 3.4.2 硬件约束
 - 3.5 属性
 - 3.5.1 可用性
 - 3.5.2 安全性
 - 3.5.3 可维护性
 - 3.5.4. 可移植性
 - 3.6 其他需求
 - 3.6.1 数据库需求
 - 3.6.2 用户操作需求
 - 3.6.3 工作场地需求
- 有些场合还可将 3.1 与 3.2 合并：
- 3.1 功能或行为需求
 - 3.1.1 功能或行为需求 1
 - 3.1.1.1 功能或行为规格说明
 - 3.1.1.1.1 引言
 - 3.1.1.1.2 输入
 - 3.1.1.1.3 处理过程描述
 - 3.1.1.1.4 输出
 - 3.1.1.2 外部界面
 - 3.1.1.2.1 用户界面
 - 3.1.1.2.2 硬件界面
 - 3.1.1.2.3 软件界面
 - 3.1.2 功能或行为需求 2
 - ...
 - 3.1. n 功能或行为需求 n

3. 需求评审

需求规格说明进入设计阶段之前,必须进行评审。如果发现错误或缺陷,应及时纠正或更改需求分析、模型,需求规格说明,并重新评审。

衡量需求规格说明书好坏的标准按重要性次序排列为正确性、无歧义性、完全性、可验证性、一致性、可理解性、可修改性和可追踪性。下面依次介绍这些评审标准的主要内涵。

(1) 正确性:需求规格说明书中的功能、行为、性能描述必须与用户对目标软件产品的期望相吻合。

(2) 无歧义性:对于用户、分析人员、设计人员和测试人员而言,需求规格说明书中的任何语法单位只能有唯一的语义解释。确保无歧义性的一种有效措施是在需求规格说明书中使用标准化术语,并对术语的语义进行显式的、统一的解释。

(3) 完全性:需求规格说明书不能遗漏任何用户需求。具体地说,目标软件产品的所有功能、行为、性能约束以及它在所有可能情况下的预期行为,均应完整地包含在需求规格说明书中。

(4) 可验证性:对于规格说明书中的任意需求,均应存在技术和经济上可行的手段进行验证和确认。

(5) 一致性:需求规格说明书的各部分之间不能相互矛盾。这些矛盾可以表现为术语使用方面的冲突,功能和行为特征方面的冲突,以及时序方面的前后不一致。

(6) 可理解性:追求上述目标不应妨碍需求规格说明书对于用户、设计人员和测试人员的易理解性。特别是对于非计算机专业的用户而言,不宜在说明书中使用太多的专业化词汇。

(7) 可修改性:需求规格说明书的格式和组织方式应保证能够比较容易地接纳后续的增、删和修改,并使修改后的说明书能够较好地保持其他各项属性。

(8) 可追踪性:需求规格说明书必须将分析后获得的每项需求与用户的原始需求项清晰地联系起来,并为后续开发和其他文档引用这些需求项提供便利。

一般而言,需求评审以用户、分析人员和系统设计人员共同参与的会议形式进行。首先,分析人员要说明软件产品的总体目标,包括产品的主要功能、与环境的交互行为以及其他性能指标。然后,需求评审会议对说明书的核心部分——需求模型进行评估,讨论需求模型及说明书的其他部分是否在上述关键属性方面具备良好的品质,进而决定该说明书能否构成良好的软件设计基础。然后,需求评审会议还要针对原始软件问题讨论除当前需求模型之外的其他解决途径,并对各种影响软件设计和软件质量的因素进行折衷,决定说明书中采用的取舍是否合理。最后,需求评审会议应对软件的质量确认方法进行讨论,最终形成为用户和开发人员均能接受的各项测试指标。

4. 需求分析方法

常见的需求分析方法有:

(1) 结构化分析方法

结构化分析方法是结构化程序设计理论在软件需求分析阶段的运用。它是 20 世纪 70 年代中期倡导的基于功能分解的分析方法,其目的是帮助弄清用户对软件的需求。

结构化分析方法的实质是着眼于数据流,自顶向下,逐层分解,建立系统的处理流程,以数据流图和数据字典为主要工具,建立系统的逻辑模型。如图 5.8 所示,在模型的核心是数

据字典(DD),它包含软件使用或生产的所有数据对象描述的中心库。围绕着这个核心的有3种图:实体-关系图(ERD),它描述数据对象及数据对象之间的关系;数据流图(DFD),它描述数据在系统中如何被传送或变换,以及描述如何对数据流进行变换的功能(和子功能);状态-变迁图(STD),它描述系统对外部事件如何响应,如何动作。因此,ERD用于数据建模,DFD用于功能建模,STD用于行为建模。

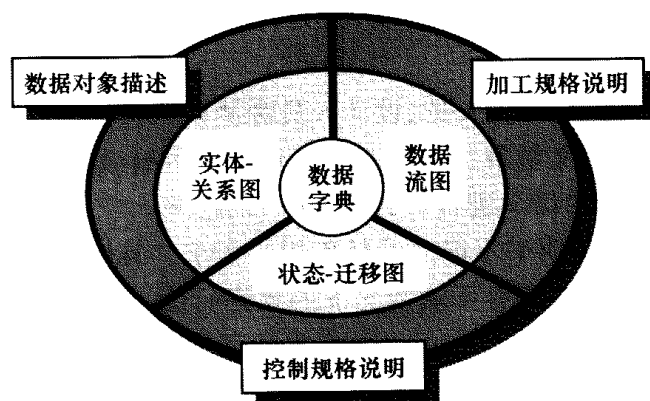


图 5.8 结构化分析软件模型

① 数据流图

数据流图是描述数据处理过程的工具,是需求理解的逻辑模型的图形表示,它直接支持系统的功能建模。

数据流图从数据传递和加工的角度,来刻画数据流从输入到输出的移动变换过程。数据流图中的主要图形元素与说明如下:

- 加工(转换)。输入数据经加工变换产生输出。
- 数据流。沿箭头方向传送数据的通道,一般在旁边标注数据流名。
- ≡ 存储文件(数据源)。表示处理过程中存放各种数据的文件。
- 表示系统和环境的接口,属系统之外的实体。

一般通过对实际系统的了解和分析后,使用数据流图为系统建立逻辑模型。建立数据流图的步骤如下:

第一步,由外向里,先画系统的输入输出,然后画系统的内部。

第二步,自顶向下,顺序完成顶层、中间层、底层数据流图。

第三步,逐层分解。

② 数据字典

数据字典(DD)是结构化分析方法的核心。数据字典是对所有与系统相关的数据元素的一个有组织的列表,以及精确的、严格的定义,使得用户和系统分析员对于输入、输出、存储成分和中间计算结果有共同的理解。数据字典把不同的需求文档和分析模型紧密地结合在一起,与各模型的图形表示配合,能清楚地表达数据处理的要求。

概括地说,数据字典的作用是对 DFD 中出现的被命名的图形元素的确切解释。通常数据字典包含的信息有:名称、别名、何处使用/如何使用、内容描述、补充信息等。

在数据字典的编制过程中,常使用定义式方式描述数据结构。

(2) 面向对象的分析方法(OOA)

面向对象分析的关键工作是分析、确定问题域中的对象及对象间的关系,并建立起问题

域的对象模型。大型、复杂系统的对象模型通常由下述 5 个层次组成：主题层、类和对象层、结构层、属性层和服务层。它们对应着在建立对象模型的过程中所应完成的 5 项工作。

大多数分析模型都不是一次完成的，为了理解问题域的全部含义，必须反复多次地进行分析。因此，分析工作不可能严格地按照预定循序进行，分析工作也不是机械地把需求陈述转变为分析模型的过程。分析员必须与用户及领域专家反复交流、多次磋商，及时纠正错误，认识并补充缺少的成分。分析模型是同用户及领域专家交流时有效的通信手段。最终的模型必须得到用户和领域专家的确认。在交流和确认的过程中，原型往往能起很大的促进作用。

一个好的分析模型应该正确完整地反映问题的本质属性，且不包含与问题无关的内容。分析的目标是全面深入地理解问题域，其中不应该涉及具体实现的考虑。但是，在实际的分析过程中完全不受实现有关的影响也是不现实的。虽然分析的目的是用分析模型取代需求陈述，并把分析模型作为设计的基础，但是在分析与设计之间并不存在绝对的界线。

5.4.3 软件设计

1. 软件设计的基础

软件设计是软件工程的重要活动，是一个把软件需求转换为软件表示的过程。软件设计的基本目标是用比较抽象概括的方式确定目标系统如何完成预定的任务，即软件设计是确定系统的物理模型。

软件设计的重要性和地位概括为以下几点：

(1) 软件设计活动在软件项目开发总成本中占很大部分，是在软件开发中形成质量的关键环节。

(2) 软件设计是开发阶段最重要的步骤，是将需求准确地转化为完整的软件产品或系统的唯一途径。

(3) 软件设计做出的决策，最终影响软件实现的成败。

(4) 设计是软件工程和软件维护的基础。

从技术观点来看，软件设计包括软件结构设计、数据设计、接口设计、过程设计。其中，结构设计定义软件系统各主要部件的关系；数据设计将分析时创建的模型转化为数据结构的定义；接口设计描述软件内部、软件和协作系统之间以及软件与人之间如何通信；过程设计则把系统结构部件转换成软件的过程性描述。

从工程管理角度来看，软件设计分两步完成：概要设计和详细设计。概要设计将软件需求转化为软件体系结构，确定系统级接口、全局数据结构或数据库模式；详细设计确立每个模块的实现算法和局部数据结构，用适当方法表示算法和数据结构的细节。

软件设计的一般过程是：软件设计是一个迭代的过程，先进行高层次的结构设计，后进行低层次的过程设计，穿插进行数据设计和接口设计。

软件设计遵循软件工程的基本目标和原则，建立了适用于在软件设计中应该遵循的基本原理和与软件设计有关的概念。

(1) 抽象

抽象是一种思维工具，就是把事物本质的共同特性提取出来而不考虑其他细节。软件设计中考虑模块化解决方案时，可以定出多个抽象级别。抽象的层次从概要设计到详细设计逐步降低。

(2) 模块化

模块是指把一个待开发的软件分解成若干小的简单的部分。每个模块可以完成一个特定的子功能,各个模块可以按一定的方法组装起来成为一个整体,从而实现整个系统的功能。

模块化是指解决一个复杂问题时自顶向下逐层把软件系统划分成若干模块的过程。此时应注意:划分模块的层次和数量应该避免过多或过少。

(3) 信息隐蔽

信息隐蔽是指在一个模块内包含的信息(过程或数据),对于不需要这些信息的其他模块来说是不能访问的。

(4) 模块独立性

模块独立性是指每个模块只完成系统要求的独立的子功能,并且与其他模块的联系最少且接口简单。

模块的独立程度是评价设计好坏的重要度量标准。衡量软件的模块独立性使用耦合性和内聚性两个定性的度量标准。

① 内聚性是一个模块内部各个元素间彼此结合的紧密程度的质量。内聚有如下的种类,它们之间的内聚性由弱到强排列为:偶然内聚、逻辑内聚、时间内聚、过程内聚、通信内聚、顺序内聚、功能内聚。

② 耦合性是模块间互相连接的紧密程度的度量。耦合性取决于各个模块之间接口的复杂度、调用方式以及哪些信息通过接口。耦合可以分为下列几种,它们之间的耦合度由高到低排列为:内容耦合、公共耦合、外部耦合、控制耦合、标记耦合、数据耦合、非直接耦合。

耦合性与内聚性是模块独立性的两个定性标准,耦合与内聚是相互关联的。在程序结构中,各模块的内聚性越强,则耦合性越弱。一般较优秀的软件设计,应尽量做到高内聚,低耦合。

2. 面向数据流的设计方法

面向数据流的设计方法,即通常所说的结构设计法(简称 SD 方法),是根据需求阶段对数据流的分析(一般用数据流图和数据字典表示)设计软件结构。数据流图主要描绘信息在系统内部加工和流动的情况,面向数据流的设计方法根据数据流图的特性定义两种“映射”,这两种映射能机械地将数据流图转换为程序结构。该方法的目标是为软件结构设计提供一个系统化的途径,使设计人员对软件有一个整体的认识。每种软件设计方法都有长处和不足,选用哪种方法首先应考虑它适用的范围。任何软件系统都可以用数据流图表示,理论上,面向数据流的设计方法可用于任一种软件系统的开发。然而,该方法对那些顺序处理信息且不含层次数据结构的系统最为有效,例如过程控制、复杂的数值分析过程以及科学与工程方面的应用等等。当 SD 方法用于完全的数据处理时,即使系统中使用层次数据也同样行之有效。

SD 方法能方便地将数据流图转换为软件结构,其过程分为 5 步:

- (1) 确定信息流的类型。
- (2) 划定流界。
- (3) 将数据流图映射为程序结构。
- (4) 提取层次控制结构。

(5) 通过设计复审和使用启发式策略进一步精化所得到的结构。

第(3)步所用映射方法涉及信息流的类型。信息流分为变换流和事务流两种类型。

① 变换型

变换型是指信息沿输入通路进入系统,同时由外部形式变换成内部形式,进入系统的信息通过变换中心,经加工处理以后再沿输出通路变换成外部形式离开软件系统。变换型数据处理问题的过程大致分为3步,即取得数据、变换数据和输出数据。

② 事务型

在很多软件应用中存在某种作业数据流,它可以引发一个或多个处理,这些处理能够完成该作业要求的功能,这种数据流称为事务。事务型数据流的特点是接受一项事务,根据事务处理的特点和性质,选择分派一个适当的处理单元(事务处理中心),然后给出结果。在一个事务型数据流中,事务中心接收数据,分析每个事务以确定它的类型,根据事务类型选取一条活动通路。

3. 面向对象设计方法

面向对象设计,就是用面向对象观点建立求解空间模型的过程。通过面向对象分析得出的问题域模型,为建立求解空间模型奠定了基础。分析与设计本质上是一个多次反复迭代的过程,而面向对象分析与面向对象设计的界限尤其模糊。

优秀设计是使得目标系统在其整个生命周期中总开销最小的设计。为获得优秀的设计结果,应该遵循一些基本准则。这些基本准则结合了面向对象方法学固有的特点,主要有:模块化、抽象、信息隐藏、弱耦合、强内聚和可重用。

人们使用面向对象方法学开发软件的历史虽然不长,但也积累了一些经验。总结这些经验得一些启发规则,它们往往能帮助软件开发人员提高面向对象设计的质量。

用面向对象方法设计软件,原则上也是先进行总体设计(即系统设计),然后再进行详细设计(对象设计)。当然,它们之间的界限非常模糊,事实上也是一个多次反复迭代的过程。

5.4.4 软件测试

软件测试是在软件投入运行前对软件需求分析、软件设计规格说明和软件编码进行查错和纠错。找错的活动称为测试,纠错的活动称为调试。可以说,软件测试是为了发现错误而执行程序的过程。或者说,软件测试是根据软件开发各阶段的规格说明和程序的内部结构而精心设计一批测试用例(即输入数据及其预期的输出结果),并利用这些测试用例去运行程序,以发现程序错误的过程。

1. 软件测试的目的与准则

(1) 关于软件测试的目的,Grenford J. Myers 在他的软件测试著作中提出下列观点:

- ① 测试是一个为了寻找错误而运行程序的过程。
- ② 一个好的测试用例是指很可能找到迄今为止尚未发现的错误的用例。
- ③ 一个成功的测试是指揭示了迄今为止尚未发现的错误的测试。

(2) 人们为了提高测试的效率,在长期测试实验中积累了不少经验,下面列出了人们在实践中总结的主要基本准则:

- ① 所有测试都应追溯到需求。

② 严格执行测试计划,排除测试的随意性。软件测试应当制定明确的测试计划并严格按照计划执行。

③ 充分注意测试中的群集现象。为了提高测试效率,测试人员应该集中对付那些错误群集的程序。

④ 应避免程序员检查自己的程序。测试是为了找错,而程序员大多对自己所编的程序存有偏见,总认为自己编的程序问题不大可能或无错误存在,因此很难查出错误。

⑤ 穷举测试不可能。所谓穷举测试是指把程序所有可能的执行路径都进行检查的测试。这种测试是不可能实现的,因为测试只能证明程序有错误。

⑥ 妥善保存测试计划、测试用例、出错统计和最终分析报告,为维护提供方便。

2. 软件测试技术

任何产品都可以使用以下两种方法进行测试:

如果已知产品的功能,则可以对它的每一个功能进行测试,看是否都达到了预期的要求。

如果已知产品的内部工作过程,则可以对它的每种内部操作进行测试,看是否符合设计要求。

第一种方法是黑盒测试,第二种方法是白盒测试。

(1) 黑盒测试法

黑盒测试法是对软件已经实现的功能是否满足需求进行测试和验证。该方法把被测试对象看成一个黑盒子,测试人员完全不考虑程序的内部结构和处理过程,只在软件的接口处进行测试,依据需求说明书,检查程序是否满足功能要求。因此,黑盒测试又称为功能测试或数据驱动测试。

黑盒测试设计测试用例旨在说明:

- ① 软件的功能是否可操作。
- ② 程序能否适当地接收输入数据并产生正确的输出结果。
- ③ 能否保持外部信息(如数据文件)的完整性。

(2) 白盒测试法

白盒测试时将程序看作是一个透明的盒子,也就是说测试人员完全了解程序的内部结构和处理过程。所以测试时按照程序内部的逻辑测试程序、检验程序中的每条通路是否都能按预定的要求正确工作。白盒测试又称为结构测试或逻辑驱动测试。

白盒测试应该根据程序的控制结构设计测试用例,原则是:

- ① 保证模块中每一独立的路径至少执行一次。
- ② 保证所有判断的每一分支至少执行一次。
- ③ 保证每一循环都在边界条件和一般条件下至少各执行一次。
- ④ 验证所有内部数据结构的有效性。

3. 软件测试的实施

软件测试是保证软件质量的重要手段,软件测试是一个过程,其测试流程是该过程规定的程序,目的是软件测试工作系统化。

软件测试过程一般按 4 个步骤进行,包括单元测试、集成测试、确认测试和系统测试。

如图 5.9 所示。通过这些步骤的实施来验证软件是否合格,能否交付用户使用。

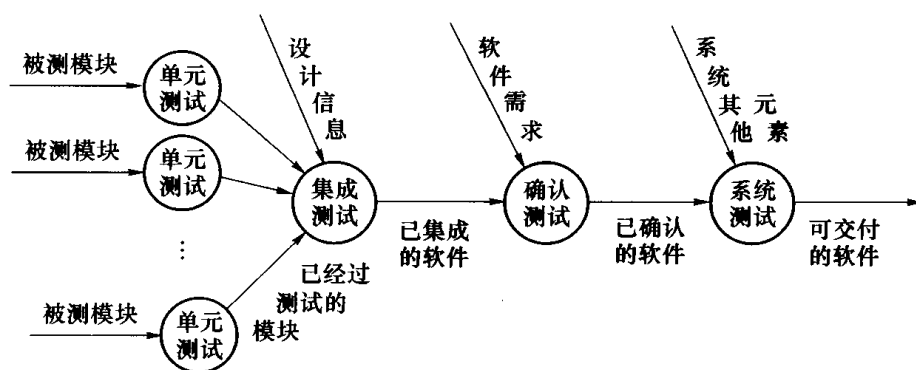


图 5.9 软件测试过程

(1) 单元测试

单元测试指对源程序中每一个模块(程序单元)进行测试,检查各个模块是否正确实现规定的功能,从而发现模块在编码中或算法中的错误。

单元测试的依据是源程序和详细设计说明书。

单元测试技术可采用静态测试和动态测试技术。

单元测试主要针对模块的 5 个基本特征进行测试:模块接口、局部数据结构、重要的执行路径、错误处理、边界条件。

(2) 集成测试

集成测试是指在单元测试的基础上,将所有模块按照设计要求组装成一个完整的系统而进行的测试,故也称组装测试或联合测试。

集成测试的目的是发现与接口有关的错误。集成测试依据概要设计说明书。集成测试的主要内容:软件单元的接口测试、全局数据结构测试、边界条件和非法输入的测试等。

(3) 确认测试

确认测试又称有效性测试。它的任务是检查软件的功能与性能是否与需求说明书中确定的指标相符合。因而需求说明是确认测试的基础。

(4) 系统测试

系统测试是把已确定的软件与其他系统元素(如计算机硬件、其他支持软件、数据和人员等)结合在一起,在实际的运行环境下对计算机系统进行一系列的集成测试和确认测试。

系统测试的目的是在真实的系统工作环境下检验软件是否能与系统正确连接,发现软件与系统需求不一致的地方。

系统测试的主要内容:功能测试、性能测试、操作测试、配置测试、外部接口测试、安全测试等。

5.4.5 软件项目管理

为了使软件项目能够在预定成本、进度、质量的前提下顺利完成,必须对软件工程项目进行计划、组织、监控和管理。

软件项目管理的主要任务包括:制定软件项目的实施计划和方案;对人员进行组织和分工;按照计划进度,以及成本管理、风险管理、质量管理的要求进行软件开发,完成软件项目

的各项要求和任务。

1. 计划

软件工程包括技术和管理两方面的内容,是管理与技术紧密结合的产物。只有在科学而严格的管理之下,先进的技术方法和优秀的软件工具才能真正发挥出它们的威力。因此,软件项目管理是大型软件工程项目成功的关键。

软件项目管理先于任何技术活动之前,并且贯穿于软件的整个生命周期之中。

软件项目管理从项目计划开始,而第一项计划活动就是估算。为了估算项目工作量和完成期限,首先需要预测软件规模。

度量软件规模的常用技术主要有代码行技术和功能点技术。这两种技术各有优缺点,应该根据软件项目的特点及项目计划者对这两种技术的熟悉程度,选用合适的技术。

根据项目的规模可以估算出完成项目所需的工作量,常用的估算模型有静态单变量模型、动态多变量模型和 COCOMO 模型。为了做到较准确的项目估算,通常至少同时使用上述 3 种模型中的两种。通过比较和协调使用不同模型得出的估算值,有可能得到比较准确的估算结果。虽然软件项目估算并不是一门精确的科学,但是,把可靠的历史数据和系统化数据结合起来,仍然能够提高估算的准确度。

项目管理者的目标是定义所有的任务,识别出关键任务,跟踪关键任务的进展状况,以保证能够及时发现拖延进度的情况。为此,管理者必须制定一个足够详细的进度表,以便监督项目进度并控制整个项目。

常用的制定进度计划的工具主要有 Gantt 图和工程网络图两种。Gantt 图具有历史悠久、直观简明、容易学习、容易绘制等优点,但是,它不能显式地表示各项任务彼此间的依赖关系,也不能显式地表示关键路径和关键任务,进度计划中的关键部分不明确。因此,在管理大型软件项目时,仅用 Gantt 图是不够的,不仅难于做出即节省资源又保证进度的计划,而且还容易发生差错。

工程网络图不仅能描绘任务分解情况及每项作业的开始时间和结束时间,而且还能显式地表示各个作业彼此间的依赖关系。从工程网络图中容易识别出关键路径和关键任务,因此,工程网络图是制定进度计划的强有力的工具。通常联合使用 Gantt 图和工程网络图这两种工具来制定和管理进度计划,使它们互相补充、取长补短。

2. 组织

对任何软件项目而言,最关键的因素都是承担项目的人员。必须合理地组织项目组,使项目组有较高生产率。“最佳的”小组结构取决于管理风格、组里的人员数目、技术水平以及所承担的项目的难易程度。

目前国外比较流行的组织方式有:民主制程序员组、主程序员组、现代程序员组。

3. 控制

通过软件计划,明确了软件开发的目標,规划了具体的开发方案,而组织职能的实施又为计划的实现提供了组织机构和资源配置方面的保证。但是,计划规定的目标再好,人员组织得再合理,如果没有有效的控制作为保证,软件开发目标也是难以实现的。因此,控制是十分重要的管理活动。

控制就是掌握被控制的对象,不让它任意活动或超出规定范围活动,尽量使一切活动都按照预定的计划进行,向预期的目标前进。

当对软件项目寄予较高期望时,通常都会进行风险分析。在识别、预测、评估、监控和管理风险等方面花费的时间和人力,可以从许多方面得到回报,如项目进展过程更平稳、跟踪和控制项目的能力更强以及由于在问题发生之前已经做了周密计划而产生的信心。

软件质量保证是在软件过程中的每一步都进行的“保护性活动”。软件质量保证措施主要有基于非执行的测试(也称为复审)、基于执行的测试(即通常所说的测试)和程序正确性证明。软件复审是最重要的软件质量保证活动之一,它的作用是在改正错误的成本相对较低时就及时发现并排除错误。

走查和审查是进行正式技术复审的两类具体方法。审查过程不仅步数比走查多,而且每个步骤都是正规的。由于在开发大型软件过程中所犯的错误绝大多数是规格说明错误或设计错误,而正式的技术复审发现这两类错误的有效性高达 75%,因此是非常有效的软件质量保证方法。

软件配置管理是应用于整个软件过程中的保护性活动,它是在软件整个生命期内管理变化的一组活动。

软件配置由一组相互关联的对象组成,这些对象也称为软件配置项,它们是作为某些软件工程活动的结果而产生的。除了文档、程序及数据这些软件配置项之外,用于开发软件的开发环境也可置于配置控制之下。

一旦一个配置对象已被开发出来并且通过了复审,它就变成了基线。对基线对象的修改导致建立该对象的新版本。版本控制是用于管理这些对象而使用的一组规程和工具。

变化控制是一种规程活动,它能够在对配置对象进行修改时保证质量和一致性。配置审计是一项软件质量保证活动,它有助于确保在进行修改时仍然保持质量。状态报告向需要知道关于变化的信息的人提供有关每项变化的信息。

4. 国际标准

(1) IEEE1058.1 软件项目管理计划标准

在 IEEE 标准 1058.1 中给出了软件项目管理计划的框架,它实际上是一个通用的结构,不论承担何种软件项目,在制定项目管理计划时都可以参考它。按照 IEEE 标准制定软件项目管理计划,有以下几个优点:

① 这是由许多主要的软件开发组织的代表共同拟定的一个标准,是对他们丰富的实践经验的总结。

② IEEE 软件项目管理计划实质上是一个结构,它适用于各种类型的软件产品。

③ 所有软件人员都将逐渐熟悉 IEEE 软件项目管理计划的格式,采用它就能节省新雇员的培训费用。

(2) ISO9000 质量标准

ISO9000 是一族标准,它主要是为促进国际贸易而发布的。现在,通过 ISO9000 认证已经成为一个企业证明其产品质量和工作质量的标志。

ISO9000 系列标准中与质量管理有关的标准有 3 个:ISO9001、ISO9002、ISO9003。

ISO9000 系列标准原来是为制造硬件产品而制定的标准,不能直接用于软件开发。对于软件企业来说,为了在激烈的国际竞争中生存、发展,同样也需要取得 ISO9000 认证,而实施 ISO9000 标准也助于提高软件产品的质量。国际标准化组织曾经试图改写 ISO9001 标准,使之适用于软件开发,但效果不佳。于是以 ISO9000 系列标准的追加形式,另行制定

了 ISO9000-3 标准,使之成为“ISO9001 适用于软件开发、供应和维护的指南”。它为软件开发过程各阶段提供保证质量的质量体系,由质量体系框架、质量体系的生命周期活动和质量体系的支持活动等部分组成。标准中规定的各项质量活动都要求以文档作为各阶段活动的结果,文档在标准中占有十分重要的地位,可以说 ISO9000-3 标准是以文档驱动的。

(3) ISO/IEC12207 软件生命周期过程标准

ISO/IEC12207 软件生命周期过程标准是指导软件过程实施的一个标准,它从多个角度说明了软件生命周期各个过程中的活动,对规范软件开发过程、协调各类人员之间的关系,都具有指导作用。

(4) ISO/IEC TRI5504 软件过程评估标准

ISO/IEC TRI5504 软件过程评估标准是从过程评估角度对软件过程进行规范的标准。该标准具有两维的结构,其中一维是过程维,另一维是能力维。

(5) 能力成熟度模型

能力成熟度模型(CMM)是改进软件过程的一种策略。它的基本思想是,因为问题是由管理软件过程的方法不恰当引起的,所以运用新软件技术并不会自动提高软件生产率和软件质量,应当下大力气改进对软件过程的管理。对软件过程的改进不可能一蹴而就。因此,CMM 以增量方式逐步引入变化,它明确地定义了 5 个不同的成熟度等级,一个软件开发组织可用一系列小的改良性步骤迈入更高的成熟度等级。

习 题

1. 什么是软件工程? 软件工程的目标是什么?
2. 需求分析的主要工作内容是什么?
3. 软件设计应遵循的基本原则是什么?
4. 什么是黑盒测试? 什么是白盒测试? 二者有什么不同?
5. 软件项目管理的主要任务是什么? 软件项目管理的目标是什么?

5.5 计算机网络基础及其技术

随着计算机应用的深入,特别是家用计算机越来越普及,一方面希望众多用户能共享信息资源,另一方面也希望各计算机之间能互相传递信息进行通信。个人计算机的硬件和软件配置一般都比较低,其功能也有限,因此,要求大型与巨型计算机的硬件和软件资源,以及它们所管理的信息资源应该为众多的微型计算机所共享,以便充分利用这些资源。基于这些原因,促使计算机向网络化发展,将分散的计算机连接成网,组成计算机网络。

5.5.1 计算机网络发展史

纵观计算机网络的发展历史可以发现,它和其他事物的发展一样,也经历了从简单到复杂,从低级到高级的过程。在这一过程中,计算机技术与通信技术紧密结合,相互促进,共同发展,最终产生了计算机网络。总体看来,网络的发展可以分为 4 个阶段。

第一阶段,20 世纪 60 年代末至 20 世纪 70 年代初为计算机网络发展的萌芽阶段。美国国防部于 1969 年建成了第一个远程分组交换网 ARPANET,第一次实现了由通信网络和资源网络复合构成计算机网络系统,也标志计算机网络的真正产生。作为这一阶段的典型代表 ARPANET,其主要特征是:为了增加系统的计算能力和资源共享,把小型计算机连成实验性的网络。

第二阶段,20 世纪 70 年代中后期是局域网(LAN)发展的重要阶段。1976 年,美国 Xerox 公司的 Palo Alto 研究中心推出以太网(Ethernet),它成功地采用了夏威夷大学 ALOHA 无线电网络系统的基本原理,使之发展成为第一个总线竞争式局域网。1974 年,英国剑桥大学计算机研究所开发了著名的剑桥环局域网(Cambridge Ring)。这些网络的成功实现,一方面标志着局域网的产生,另一方面,它们形成的以太网及环网对以后局域网的发展起到导航的作用。这一阶段计算机网络的主要特征为:局域网作为一种新型的计算机体系结构开始进入产业部门。局域网技术是从远程分组交换通信网络和 I/O 总线结构计算机系统派生出来的。

第三阶段,整个 20 世纪 80 年代是计算机局域网的发展时期,采用的是具有统一的网络体系结构并遵守国际标准的开放式和标准化的网络。综合业务数据通信网络(ISDN)和智能化网络(IN)的发展,标志着局域网的飞速发展。1980 年 2 月,IEEE(美国电气和电子工程师学会)下属的 802 局域网标准委员会宣告成立,并相继提出 IEEE801.5~802.6 等局域网标准草案,其中的绝大部分内容已被国际标准化组织(ISO)正式认可。作为局域网的国际标准,它标志着局域网协议及其标准化的确定,为局域网的进一步发展奠定了基础。这一阶段计算机网络的主要特征是:局域网完全从硬件上实现了 ISO 的开放系统互连通信模式协议的能力。计算机局域网及其互连产品的集成,使得局域网与局域网互连、局域网与各类主机互连,以及局域网与广域网互连的技术越来越成熟。

第四阶段,20 世纪 90 年代后至今是计算机网络飞速发展的阶段,也是属于第四代计算机网络,第四代网络是随着数字通信出现和光纤的接入而产生的,其特点:网络化、综合化、高速化及计算机协同能力。同时,快速网络接入 Internet 的方式也不断地诞生,如 ISDN、ADSL、DDN、FDDI 和 ATM 网络等。这一阶段计算机网络的主要特征为:计算机网络化,协同计算能力发展以及全球互联网的盛行。计算机的发展已经完全与网络融为一体,体现了“网络就是计算机”的口号。

5.5.2 计算机网络分类

计算机网络的类型有很多,而且有不同的分类依据。网络按交换技术可分为:线路交换网、分组交换网;按传输技术可分为:广播网、非广播多路访问网、点到点网;按拓扑结构可分为总线型、星形、环形、树形、全网状和部分网状网络;按传输介质又可分为同轴电缆、双绞线、光纤或卫星等所连成的网络。我们主要讲述根据网络分布规模来划分的网络:局域网、城域网、广域网和网间网。

1. 局域网

将小区域内的各种通信设备互连在一起所形成的网络,覆盖范围一般局限在房间、大楼或园区内。局域网的特点是:距离短、延迟小、数据速率高、传输可靠。

目前常见的局域网类型包括:以太网(Ethernet)、令牌环网(Token Ring)、光纤分布式

数据接口(FDDI)、异步传输模式(ATM)等,它们在拓扑结构、传输介质、传输速率、数据格式等多方面都有许多不同。其中应用最广泛的当属以太网,一种总线结构的 LAN,是目前发展最迅速、也最经济的局域网。

局域网的常用设备有:

(1) 网卡(NIC)

网卡插在计算机主板插槽中,负责将用户要传递的数据转换为网络上其他设备能够识别的格式,通过网络介质传输。它的主要技术参数为带宽、总线方式、电气接口方式等。

(2) 集线器(Hub)

集线器是单一总线共享式设备,提供很多网络接口,负责将网络中多个计算机连在一起。所谓共享是指集线器所有端口共用一条数据总线,因此平均每用户(端口)传递的数据量、速率等受活动用户(端口)总数量的限制。它的主要性能参数有总带宽、端口数、智能程度(是否支持网络管理)、扩展性(可否级联和堆叠)等。

(3) 交换机(Switch)

交换机也称交换式集线器。它同样具备许多接口,提供多个网络节点互连。但它的性能却较共享集线器大为提高:相当于拥有多条总线,使各端口设备能独立地作数据传递而不受其他设备影响,表现在用户面前即是各端口有独立、固定的带宽。此外,交换机还具备集线器欠缺的功能,如数据过滤、网络分段、广播控制等。

(4) 线缆

局域网的距离扩展需要通过线缆来实现,不同的局域网有不同连接线缆,如光纤、双绞线、同轴电缆等。

2. 城域网

城域网的覆盖范围限于一个城市,其最有名的一个例子是有线电视网。目前对于市域网少有针对性的技术,根据实际情况一般通过局域网或广域网来实现。

3. 广域网

广域网跨越了一个很大的地理范围,通常是一个国家或是一个洲。其目的是为了分布较远的各局域网互连,所以它的结构又分为末端系统(两端的用户集合)和通信系统(中间链路)两部分。通信系统是广域网的关键,它主要有以下几种:

(1) 公共电话网

即 PSTN(Public Switched Telephone Network),速度 9.6~28.8 kbit/s,经压缩后最高可达 115.2 kbit/s,传输介质是普通电话线。它的特点是费用低,易于建立,且分布广泛。

(2) 综合业务数字网

即 ISDN(Integrated Service Digital Network),也是一种拨号连接方式。低速接口为 128 kbit/s(高速可达 2 Mbit/s),它使用 ISDN 线路或通过电信局在普通电话线上加装 ISDN 业务。ISDN 为数字传输方式,具有连接迅速、传输可靠等特点,并支持对方号码识别。ISDN 话费较普通电话略高,但它的双通道使其能同时支持两路独立的应用,是一项对个人或小型办公室较适合的网络接入方式。

(3) 专线

即 Leased Line,在中国称为 DDN,是一种点到点的连接方式,速度一般选择 64 kbit/s~2.048 Mbit/s。专线的好处是数据传递有较好的保障,带宽恒定;但价格昂贵,而且点到点

的结构不够灵活。

(4) X.25 网

是一种出现较早且依然应用广泛的广域网方式,速度为 9.6~64 kbit/s;有冗余纠错功能,可靠性高,但由此带来的副效应是速度慢,延迟大。

(5) 帧中继

即 Frame Relay,是在 X.25 基础上发展起来的较新技术,速度一般选择为 64 kbit/s~2.048 Mbit/s。帧中继的特点是灵活、弹性,可实现一点对多点的连接,并且在数据量大时可超越约定速率传送数据,是一种较好的商业用户连接选择。

(6) 异步传输模式

即 ATM(Asynchronous Transfer Mode),是一种信元交换网络,最大特点的速率高、延迟小、传输质量有保障。ATM 大多采用光纤作为连接介质,速率可高达上千兆(109 bit/s),但成本也很高。

广域网常用设备有:

(1) 路由器(Router)

广域网通信过程根据地址来寻找到达目的地的路径,这个过程在广域网中称为“路由(Routing)”。路由器负责在各段广域网和局域网间根据地址建立路由,将数据送到最终目的地。

(2) 调制解调器(Modem)

作为末端系统和通信系统之间信号转换的设备,是广域网中必不可少的设备之一。调制解调器分为同步和异步两种,分别用来与路由器的同步和异步串口相连接,同步可用于专线、帧中继、X.25 等,异步用于 PSTN 的连接。

4. 网间网

网间网是一系列局域网和广域网的组合,因此包含的技术也是现有的局域网和广域网技术的综合。

5.5.3 计算机网络提供的功能

一般来说,计算机网络具有以下一些功能,又称为服务。其中最主要的功能是资源共享和信息交换,提供如下功能:

1. 资源共享

(1) 硬件资源

网络硬件资源主要包括大型主机、大容量磁盘、光盘库、打印机、网络通信设备和通信线路和服务器硬件等。

(2) 软件资源

网络软件资源主要包括网络操作系统、数据库管理系统、网络管理系统、应用软件、开发工具和服务器软件等。

(3) 数据资源

网络数据资源主要包括数据文件、数据库和光磁盘所保存的各种数据。数据包括文字、图表、图像和视频等。数据是网络中最重要的资源。

资源共享是计算机网络产生的主要原动力。通过资源共享,可使网络中各处的资源互

通有无、分工协作,从而大大提高系统资源的利用率。例如,计算机网络允许用户使用网上各种不同类型的硬件设备,这些共享的硬件资源有:高性能计算机、大容量磁盘、高性能打印机和高精度图形设备等等。另外,网络上还提供了许多专用软件以及发布了大量信息,供网络用户调用或访问。

2. 数据通信

通信即在计算机之间传送信息,是计算机网络最基本的功能之一。通过计算机网络使不同地区的用户可以快速和准确地相互传送信息,这些信息包括数据、文本、图形、动画、声音和视频等。用户还可以收发 E-Mail、VOD(视频点播)和 IP 电话等。

3. 分布处理与负载均衡

计算机网络中,各用户可根据需要合理选择网内资源,以便就近处理,例如,用户在异地通过远程登录可直接进入自己办公室的网络,当需要处理综合性的大型作业时(如人口普查、售火车票),通过一定的算法将负载性比较大的作业分解并交给多台计算机进行分布式处理,起到负载均衡的作用,这样就能提高处理速度,充分发挥设备的利用率,提高设备的效率。协同式计算方式就是利用网络环境的多台计算机来共同完成一个处理任务。

4. 提高可靠性

提高可靠性表现在计算机网络中的多台计算机可以通过网络彼此间相互备用,一旦某台计算机出现故障,其任务可由其他计算机代其处理,避免了单机损坏无后备机的情况下使用。如某台计算机由于故障原因而导致系统瘫痪,这时还可以由其他计算机作为后备,从而提高了整个网络系统的可靠性。

5.5.4 计算机网络的系统组成

计算机网络是一门综合性学科。有很多不同专业研究人员投身计算机网络理论、应用模型、通信协议、通信传输交换系统、传输介质、网络操作系统、网络应用系统和网络安全各方面的研究。为了便于分解研究,一般把计算机网络分解为资源子网和通信子网两部分。

1. 分布处理与负载均衡

(1) 服务器

网络服务器是计算机网络中最核心的设备之一,它既是网络服务的提供者,又是数据的集散地。按应用分类,网络服务器可以分为数据库服务器、Web 服务器、邮件服务器、视频点播(VOD)服务器、文件服务器等。按硬件性能分类,网络服务器可分为 PC 服务器、工作站服务器、小型机服务器和大型机服务器等。

(2) 客户机

工作站是连接到计算机网络的计算机,工作站既可以独立工作,也可以访问服务器,使用网络服务器所提供的共享网络资源。

(3) 网络协议

为实现网络中的数据交换而建立的规则标准或约定,是网络相互间对话的语言,如常使用的 TCP/IP、SPX/IPX、NETBEUI 协议等。

(4) 网络操作系统

网络操作系统是网络的核心和灵魂,其主要功能包括控制管理网络运行、资源管理、文件管理、用户管理和系统管理等。目前,常用的网络操作系统有 UNIX 族、Windows NT/

2000、Netware、Linux 等。

2. 通信子网

(1) 网络传输介质

用于连网络中服务器、工作站及网络设备使用的一组线缆,如同轴电缆、双绞线、光纤及无线通信微波、卫星通信等。

(2) 网络设备

为了提供网络之间相互访问,需要使用网络互连设备。目前常用的网络互连设备主要有集线器、网桥、交换机、路由器、网关等等。

5.5.5 计算机网络协议

通信协议的分层是这样规定的,把用户应用程序作为最高层,把物理通信线路作为最低层,将其间的协议处理分为若干层,规定每层处理的任务,也规定每层的接口标准。由于世界各大型计算机厂商推出各自的网络体系结构,因而国际标准化组织 ISO 于 1978 年提出“开放系统互连参考模型”,即著名的 OSI(Open System Interconnection)。它将计算机网络体系结构的通信协议规定为物理层、数据链路层、网络层、传输层、会话层、表示层、应用层七层,受到计算机界和通信业的极大关注。通过十多年的发展和推进已成为各种计算机网络结构的靠拢标准。

1. 网络协议定义

计算机网络协议是指计算机网络中实现通信必须有一些约定,即通信协议,对速率、传输代码、代码结构、传输控制步骤、出错控制等制定标准,如数据的格式是怎样的,以什么样的控制信号联络,具体传送方式是什么,发送方怎样保证数据的完整性、正确性,接收方如何应答等等。这一系列工作就是网络协议需要完成的功能。

为了使两个结点之间能进行对话,必须在它们之间建立通信工具(即接口,使彼此之间能进行信息交换。接口包括两部分。一部分是硬件装置,功能是实现结点之间的信息传送。另一部分是软件装置,功能是规定双方进行通信的约定协议,通常由 3 部分组成:一是语义部分,用于决定双方对话的类型;二是语法部分,用于决定双方对话的格式;三是变换规则,用于决定通信双方的应答关系。由于结点之间的联系可能是很复杂的,因此在制定协议时,一般是把复杂成分分解成一些简单的成分,再将它们复合起来。最常用的复合方式是层次方式,即上一层可以调用下一层,而与再下一层不发生关系。最常见的是国际标准化组织(ISO, International Standard Organization)于 1981 年正式推荐了一个网络体系结构,称为开放系统互联参考模型(OSI/RM, Open System Interconnection/Reference Model)和 TCP/IP 模型。

2. OSI 模型

OSI 不是一个实际的物理模型,而是一个将网络协议规范化了的逻辑参考模型。OSI 根据网络系统的逻辑功能将其分为七层,并对每一层规定了功能、要求、技术特性等,但没有规定具体的实现方法。OSI 仅仅是一个标准,而不是特定的系统或协议。网络开发者可以根据这个标准开发网络系统,制定网络协议;网络用户可以用这个标准来考察网络系统、分析网络协议。

OSI 参考模型的七层网络体系结构,从底层往上依次为物理层(PH)、数据链路层

(DL)、网络层(N)、传输层(T)、会话层(S)、表示层(P)和应用层(A)。其中物理层、数据链路层和网络层通常被称为媒体层,属于计算机网络中的通信子网,主要用于创建两个网络设备间的物理连接,是计算机网络工程师研究的对象;传输层、会话层、表示层和应用层则被称为主机层,属于计算机网络中的资源子网,主要负责互操作性,是网络用户所面对的内容。

OSI 参考模型各层的功能如下。

(1) 物理层

物理层处于体系结构的第一层,即最底层,向下直接与物理传输介质相连接。物理层协议是各种网络设备进行互连时必须遵守的底层协议,与其他协议无关。物理层定义了数据通信网络之间物理链路的电气或机械特性,以及激活、维护和关闭这条链路的各项操作。物理层的特征参数包括电压、数据传输率、最大传输距离和物理连接介质等。

(2) 数据链路层

数据链路层位于体系结构的第二层,介于物理层与网络层之间。设立数据链路层的主要目的是将一条原始且有差错的物理链路变为对网络层无差错的数据链路。它把从物理层来的原始数据组成帧,即用于传送数据的结构化的包。数据链路层负责帧在计算机之间的无差错传递。其特征参数包括物理地址、网络拓扑结构、错误警告机制、所传数据帧的排序和流量控制等。数据链路层对等节点间的通信一般要经过数据链路建立、数据传输与数据链路释放 3 个阶段,因此数据链路连接与物理连接是有区别的。数据链路连接建立在物理连接之上,一个物理连接生存期间允许有多个数据链路生存期。数据链接释放时,物理连接不一定释放。

(3) 网络层

网络层在体系结构的第三层,介于数据链路层与传输层之间,定义网络操作系统通信用的协议,为传送的信息确定地址,将逻辑地址和名字翻译成物理地址。同时负责确定从源计算机沿着网络到目的计算机的路由选择,处理交通问题,如交换、路由和数据包阻塞的控制等,路由器的功能在这一层实现。网络层的主要功能是将报文分组以最佳路径通过通信子网送达目的主机,这样网络用户就不需要关心网络的拓扑结构及所使用的通信介质。网络层还提供面向连接的虚电路服务和非连接的数据报服务,虚电路服务可以保证报文分组无差错、不丢失、不重复和顺序传输。

(4) 传输层

传输层是体系结构的第四层,位于网络层与会话层之间,负责端到端的信息传输错误处理,包括错误的确认和恢复,确保信息的可靠传递。在必要时,也对信息重新打包,把过长信息分成小包发送。在接收端,再将这些小包重构成初始的信息。在这一层中最常用的协议就是 TCP/IP 中的传输控制协议(TCP)、Novell 中的顺序包交换协议(SPX),以及 Microsoft NetBIOS/NetBEUI 协议。传输层主要对上层提供透明(不依赖于具体网络)的可靠的数据传输。在 OSI 参考模型中,人们经常将七层分为高层和低层。如果从面向通信和面向信息处理角度进行分类,传输层一般划在低层;如果从用户功能与网络功能角度进行分类,传输层又被划在高层。这种差异正好反映出传输层在 OSI 参考模型中承上启下的特殊地位和作用。

(5) 会话层

会话层在 OSI 体系结构的第五层,处于传输层和表示层之间,允许在不同计算机上的两个应用间建立、使用和结束会话,实现对话控制,管理何端发送、何时发送和占用多长时间

等。会话层利用传输层提供的可靠信息传递服务,使得两个会话实体之间不用考虑相互间的距离、使用何种网络通信等细节,进行数据的透明传输。从 OSI 参考模型看,会话层之上各层是面向用户的,会话层以下各层是面向网络通信的。会话层在两者之间起到连接的作用,其主要功能是向会话的应用进程之间提供会话组织和同步服务。

(6) 表示层

OSI 体系结构的第六层是表示层,在会话层与应用层之间。表示层则要保证所传输的数据经传送后意义不改变,它要解决的问题是如何描述数据结构并使之与机器无关。该层定义了一系列代码和代码转换功能,包含处理网络应用程序数据格式的协议,以保证源端计算机发送的数据在目的端计算机同样能够被识别。表示层从应用层获得数据,将其排序成一个有含义的格式提供给会话层。这一层还通过提供数据加密服务解决安全问题,通过提供压缩数据服务尽量减少网络上需要传送的数据量。表示层提供两类服务:相互通信的应用进程间交换信息的表示方法服务与表示连接服务。

(7) 应用层

应用层位于第七层,是体系结构的顶层,主要功能是直接为用户服务,通过应用软件实现网络与用户的直接对话。这一层是最终用户应用程序访问网络服务的地方,负责整个网络应用程序协同工作。

3. TCP/IP 网络模型

TCP/IP(Transmission Control Protocol/Internet Protocol,传输控制协议/网间网协议)是为美国 ARPA 网设计的,目的是使不同厂家生产的计算机能在共同网络环境下运行。它涉及异构网通信问题,后发展成为 DARPA 网际(Internet),要求 Internet 上的计算机均采用 TCP/IP 协议,UNIX 操作系统已把 TCP/IP 作为它的核心组成部分。TCP 是传输控制协议,规定一种可靠的数据信息传递服务。IP 协议又称互联网协议,是支持网间互联的数据报协议。它提供网间连接的完善功能,包括 IP 数据报规定互连网络范围内的地址格式。TCP/IP 协议与低层的数据链路层和物理层无关,这也是 TCP/IP 的重要特点。正因为如此,它能广泛地支持由低两层协议构成的物理网络结构。目前已使用 TCP/IP 连接成洲际网、全国网与跨地区网。

TCP/IP 层次模型共分为四层:应用层、传输层、网络层、数据链路层。TCP/IP 网络协议 TCP/IP 是目前世界上应用最为广泛的协议,它的流行与 Internet 的迅猛发展密切相关——TCP/IP 最初是为互联网的原型 ARPANET 所设计的,目的是提供一整套方便实用、能应用于多种网络上的协议,事实证明 TCP/IP 做到了这一点,它使网络互联变得容易起来,并且使越来越多的网络加入其中,成为 Internet 的事实标准。

(1) 应用层

应用层是所有用户所面向的应用程序的统称。TCP/IP 协议族在这一层面有着很多协议来支持不同的应用,许多大家所熟悉的基于 Internet 的应用的实现就离不开这些协议。如我们进行万维网(WWW)访问用到了 HTTP 协议、文件传输用 FTP 协议、电子邮件发送用 SMTP、域名的解析用 DNS 协议、远程登录用 Telnet 协议等等,都是属于 TCP/IP 应用层的;就用户而言,看到的是由一个个软件所构筑的大多为图形化的操作界面,而实际后台运行的便是上述协议。

(2) 传输层

这一层的功能主要是提供应用程序间的通信,TCP/IP 协议族在这一层的协议有 TCP

和 UDP。

(3) 网络层

TCP/IP 协议族中非常关键的一层,主要定义了 IP 地址格式,从而能够使得不同类型的数据在 Internet 上通畅地传输,IP 协议就是一个网络层协议。

(4) 网络接口层

这是 TCP/IP 软件的最低层,负责接收 IP 数据包并通过网络发送之,或者从网络上接收物理帧,抽出 IP 数据报,交给 IP 层。

4. IP 地址的分类及特点

IP 协议(Internet Protocol)又称互联网协议,是支持网间互连的数据报协议,它与 TCP 协议(传输控制协议)一起构成了 TCP/IP 协议族的核心。它提供网间连接的完善功能,包括 IP 数据报规定互连网络范围内的 IP 地址格式。

Internet 上,为了实现连接到互联网上的结点之间的通信,必须为每个结点(入网的计算机)分配一个地址,并且应当保证这个地址是全网唯一的,这便是 IP 地址。

目前的 IP 地址(IPv4;IP 第 4 版本)由 32 个二进制位表示,每 8 位二进制数为一个整数,中间由小数点间隔,如 159.226.41.98,整个 IP 地址空间有 4 组 8 位二进制数,由表示主机所在的网络的地址(类似部队的编号)以及主机在该网络中的标识(如同士兵在该部队的编号)共同组成。为了便于寻址和层次化的构造网络,IP 地址被分为 A、B、C、D、E 五类,商业应用中只用到 A、B、C 三类。

(1) A 类地址

A 类地址的网络标识由第一组 8 位二进制数表示,网络中的主机标识占 3 组 8 位二进制数,A 类地址的特点是网络标识的第一位二进制数取值必须为“0”。不难算出,A 类地址允许有 126 个网段,每个网络大约允许有 1 670 万台主机,通常分配给拥有大量主机的网络(如主干网)。

(2) B 类地址

B 类地址的网络标识由前两组 8 位二进制数表示,网络中的主机标识占两组 8 位二进制数,B 类地址的特点是网络标识的前两位二进制数取值必须为“10”。B 类地址允许有 16384 个网段,每个网络允许有 65 533 台主机,适用于结点比较多的网络(如区域网)。

(3) C 类地址

C 类地址的网络标识由前 3 组 8 位二进制数表示,网络中主机标识占 1 组 8 位二进制数,C 类地址的特点是网络标识的前 3 位二进制数取值必须为“110”。具有 C 类地址的网络允许有 254 台主机,适用于结点比较少的网络(如校园网)。为了便于记忆,通常习惯采用 4 个十进制数来表示一个 IP 地址,十进制数之间采用句点“.”予以分隔。这种 IP 地址的表示方法也被称为点分十进制法。如以这种方式表示,A 类网络的 IP 地址范围为 1.0.0.1~127.255.255.254;B 类网络的 IP 地址范围为 128.1.0.1~191.255.255.254;C 类网络的 IP 地址范围为 192.0.1.1~223.255.255.254。

由于网络地址紧张、主机地址相对过剩,采取子网掩码的方式来指定网段号。TCP/IP 协议与低层的数据链路层和物理层无关,这也是 TCP/IP 的重要特点。正因为如此,它能广泛地支持由低两层协议构成的物理网络结构。目前已使用 TCP/IP 连接成洲际网、全国网与跨地区网。

5.5.6 计算机网络安全机制

计算机网络安全是指通过采取各种技术的和管理的安全措施,确保网络数据的可用性、完整性和保密性,三者简称 CIA。其目的是确保经过网络传输和交换的数据不会发生增加、修改、丢失和泄露等。

1. 网络安全机制的内涵

由于计算机网络最重要的资源是它向用户提供的服务和所拥有的信息,因而计算机网络安全可以定义为保障网络服务的可用性(Availability)和网络信息的完整性(Integrity)。网络安全的传统提法一般是指信息的保密性(Security)、完整性(Integrity)和可靠性(Reliability)。

(1) 保密性是指防止静态信息被非授权访问和防止动态信息被截取解密。

(2) 完整性是指信息在存储或传输时不被修改、破坏,或信息包丢失、乱序等。信息完整性是信息安全的基本要求,破坏信息完整性是影响信息安全的常用手段。目前,对于动态传输的信息,确保信息完整性的方法大多是收错重传、丢弃后续包等,但黑客的攻击可以改变信息包的内容。

(3) 可靠性是指信息的可信度,包括信息的完整性、准确性和发送人的身份证实等方面。可靠性也是信息安全性的基本要素。

前不久,美国计算机安全专家又提出了一种新的安全框架,包括保密性(Confidentiality)、完整性(Integrity)、可用性(Availability)、实用性(Utility)、真实性(Authenticity)和占有性(Possession),在原来的基础上增加了实用性、可用性和占有性,认为这样才能解释各种网络安全问题。

(4) 实用性即信息加密密钥不可丢失(不是泄密),丢失了密钥的信息也就丢失了信息的实用性。

(5) 可用性一般是指主机存放静态信息的可用性和可操作性。病毒常常破坏信息的可用性,使系统不能正常运行,使数据文件面目全非。

(6) 占有性是指存储信息的主机、磁盘等信息载体被盗用,导致对信息占用权的丧失。保护信息占有性的方法有使用版权、专利、商业秘密、提供物理和逻辑的访问限制方法,以及维护和检查有关盗窃文件的审计记录、使用标签等。

2. 网络安全技术

每个网络都必须建立起自己的网络安全体系结构(NSA, Network Security Architecture),包括完善的网络信息访问控制策略、机密数据通信安全与保护策略、灾难恢复规划、对犯罪攻击的预防检测等。一个安全系统的建设涉及的因素很多,是一个庞大的系统工程。一般情况下,采取以下需要措施。

(1) 物理措施

例如,保护网络关键设备(如交换机、大型计算机等),制定严格的网络安全规章制度,采取防辐射、防火等措施。

(2) 访问控制

对用户访问网络资源的权限进行严格的认证和控制。例如,进行用户身份认证,对口令加密、更新和鉴别,设置用户访问目录和文件的权限,控制网络设备配置的权限等。

(3) 数据加密

加密是保护数据安全的重要手段。加密的作用是保障信息被人截获后不能读懂其含义。

(4) 防止计算机网络病毒

病毒对计算机网络的危害越来越严重,必须引起高度重视。

(5) 其他措施

其他措施包括容错、数据镜像、数据备份和审计等。近年来,围绕网络安全问题提出了许多解决办法,例如数据加密技术和防火墙技术等。数据加密是对网络中传输的数据进行加密,到达目的地后再解密还原为原始数据,目的是防止非法用户截获后盗用。防火墙技术是通过网络的隔离和限制访问等方法来控制网络的访问权限,从而保护网络资源。其他安全技术包括密钥管理、数字签名、认证技术、智能卡技术和访问控制等。

5.5.7 计算机网络技术未来发展趋势

1. 接入技术的发展

接入技术也称“最后一公里”技术,表示从最终用户到本地电信服务商之间的一段连接。已经熟悉的有 PSTN 拨号、ISDN 和专线等技术,而近几年接入技术发展迅猛,比较成熟有 ADSL、线缆调制解调器、无线接入技术等。

(1) ADSL 又称非对称数字用户线,是 DSL 家族系列技术(HDSL、VDSL、IDSL 等)中应用最广的一种。它的最大好处是利用现有的电话双绞线作为传输介质,因此成本较低;接入带宽却相对电话线传输的 PSTN(目前最高 115.2 kbit/s)快了许多,从局端到用户下行速率理论上可达 7~8 Mbit/s,实际使用的下行速率一般为 1.5~2 Mbit/s,从用户到局端的上行速率为几百千比特每秒,这也比 PSTN 有了很大提高;ADSL 的非对称性与终端用户的网络访问特点是相一致的——个人用户多数应用都是以客户方式从网上去获取数据,如 WWW、FTP,只在个别时候才向网络大量发送数据,如发送附带多媒体信息的电子邮件,因此下行数据量大、上行数据量小,也为非对称方式。

(2) 线缆调制解调器是一项非常适宜于家庭用户的接入技术。它在有线电视的基础上,将分配网络的主干部分改为光缆,在各个服务节点处完成光电转换,再由同轴电缆将传输信号送到用户家里,可有效地实现 Internet 访问、电视点播和数据电话等业务,市场前景广阔。线缆传输也是非对称方式,每个服务节点下行速率高达 10~30 Mbit/s,上行速率可达 2 Mbit/s 左右,但与 ADSL 不同,它是一个共享网络,实际每用户可用带宽与节点所连的上网用户数成反比,即便如此,用户能享用的带宽也是相当可观的。

线缆调制解调器应用发展的最大障碍是线缆线路的双向改造——传统的有线电视大多是单向传输;而数据的访问是双向进行的,因此必须实施线路改造以适应这项新的应用。在改造完成之前也有一种暂时的解决办法:即下行数据传递采用电视线缆,上行数据则采用电话线回传。

(3) 无线接入技术作为有线接入的补充,在不便于有线接入的地区,用无线通信设备把用户接入市话交换网,统称为无线接入系统。无线本地环路系统技术来源于以下 3 个方面:

① 来源于蜂窝移动通信系统。

② 来源于大区制通信系统、数字无绳电话系统、数字微波和卫星通信系统。大区制系统主要指集群通信系统。

③ 来源于专用的无线本地环路系统,采用大功率、大覆盖、低成本。以其独特的优点,很快被市场接受,发展十分迅速。目前世界各大通信公司几乎都有典型产品。

CDMA(码分多址)和其衍生的无线本地环路技术有着其他无线接入技术不可比拟的优

点,代表无线接入技术的发展方向。

接入技术的发展充分体现了“三网合一”的应用趋势:ADSL 是利用原来的语音载体电话线传递数据,线缆调制解调器则利用原有的图像载体有线电视传递数据,大家熟悉的 IP 电话则是通过各类数据载体传送语音。因此,今后的数据网、电视网和电话网将不再相互隔离,共同承揽数据、语音、图像集成的业务,缓解了 Internet 的带宽压力。

2. IPv6 技术

正当人们为 IPv4 面临的问题而焦头烂额时,IPv6 出现了,它给人们带来了近乎完美的解决方案:

(1) 如同电话号码升位一样,IPv6 提供了 128 位的 IP 地址,使地址数量大幅增加,从而解决了现在的 IP 地址资源危机。

(2) IPv6 采用了“可聚集全球统一计算地址”的构造,这使 IP 地址构造同网络的拓扑结构(连接形态)相一致,从而缩小了路由表,使路由器能够高效率地决定路由。

(3) IPv6 具有自动把 IP 地址分配给用户的功能,大大减少了网络管理费用。

尽管 IPv6 比 IPv4 具有明显的优越性,但在全球范围内实现地址的升级有许多实际困难。为此,Internet 研究组织 IETF 制定了一套 IPv4 向 IPv6 过渡的方案,其中包括 3 个机制:兼容 IPv4 的 IPv6 地址、双 IP 协议栈和基于 IPv4 隧道的 IPv6。

3. 向开放式的网络体系结构发展

使不同软硬件环境、不同网络协议的网络可以互相连接,真正达到资源共享、数据通信和分布处理的目标。

4. 向高性能发展

追求高速、高可靠和高安全性,采用多媒体技术,提供文本、图像、声音、视频等综合性服务。

5. 向智能化发展

提高网络性能和提供网络综合的多功能服务,并更加合理地进行网络各种业务的管理,真正以分布和开放的形式向用户提供服务。

习 题

1. 计算机网络是如何分类的?
2. 计算机网络提供的功能有哪些?
3. 什么是网络协议?
4. 请叙述 OSI 参考模型的七层网络体系结构?

第 6 章 计算机技术展望

计算机的发明是 20 世纪科学对社会发展最伟大的贡献之一,它大大改变了我们人类工作的方式。计算机的作用在本世纪仍然是举足轻重的,因为它不仅将继续改进我们的工作方式和效率,还将给人类的生活质量带来巨大改变。

本章将从计算机硬件技术、计算机软件技术和以计算机在土木工程中的应用为代表的计算机应用 3 个方面讨论计算机技术的发展问题,探讨计算机领域的重要技术发展方向和我国计算机领域应重点发展的技术。

6.1 计算机硬件技术

6.1.1 计算机硬件技术和产业现状

计算机硬件领域主要研究计算机系统结构原理和设备构造技术,面对的问题包括结构、速度、存储、互连、成本和可靠性等。

计算机系统结构本身的发展经历了从机械结构、电子模拟结构、电子数字结构的进化过程。从 20 世纪 40 年代开始到现在,电子数字计算机的结构经历了从电子管、晶体管、集成电路、超大规模集成电路等 4 个阶段的进化。

摩尔定律反映了计算机产业发展具有强劲的技术驱动力,而工业标准的形成是计算机得以广泛应用的重要原因。摩尔定律即集成电路芯片上所集成的电路的数目,每隔 18 个月就翻一番,因此使得越来越多的应用能够在计算机上运行,并且效果越来越好。鼠标、键盘、显示器、RAID 磁盘、PC 主板、服务器甚至基于工业标准的计算机集群都逐渐成为大众化的商品。虽然以独家技术为标志的 IBM 大型主机、大规模并行机(MPP)和向量计算机在各自的应用领域内依然有强大的生命力,但它们都面临遵循摩尔定律的工业标准计算机的越来越大的威胁。

计算机产业主要包括两部分:一是以 PC 机为代表的桌面或手持终端产品,二是各种档次的服务器与高性能计算机。中国 PC 机产业发展较快,国产 PC 机已占领国内大部分市场。经过近几年努力,价格在 10 万元人民币以下的 IA 架构 PC 服务器已经开始普及,2002 年全国销售量达到 23.5 万台,销售额达 60.8 亿元,其中国产 PC 服务器已接近一半(45%)。但是每套 10 万元人民币以上的高性能计算机在 2002 年的销售额为 85 亿元人民币,其中绝大部分为国外产品,其中 IBM、HP、SUN 三家占 90%,国产高性能计算机的市场份额不到 4%。

计算机的核心技术,如 CPU、系统芯片组、存储器芯片、磁盘磁头等核心部件都掌握在

跨国大公司手中。一些关键技术,如主板设计,RAID 控制器,常用计算机外设,内存条,都控制在中国台湾、韩国等新兴工业国家和地区。中国是世界上计算机整机系统的主要组装基地和消费市场之一。由于缺乏核心技术和国际化人才,我国计算机领域缺少具有活力的创新企业。

6.1.2 计算机硬件技术的发展

目前的计算机是架构在基于微电子理论的半导体技术之上的,计算机硬件的发展主要取决于集成电路技术和工艺的发展。摩尔定律成功地预测了半导体技术发展的规律。然而,随着大规模集成电路工艺的发展,集成度越来越高,越来越接近于工艺甚至物理上限。那么,基于硅片的计算机技术在 2020 年后会继续遵守摩尔定律(MooresLaw)吗?

1965 年,也就是在与 BobNoyce 共同创立英特尔公司 3 年前,GordonMoored 在《电子》杂志上发表文章指出,每一块芯片上的电路数量将每年翻一番,后来他将每年修正为 18~24 个月。这不意成为了一个神奇的预言,该预言在几十年的计算机发展无数的产品周期中得到了非常准确的验证,这就是所谓的摩尔定律。摩尔定律是推动计算机产业的发动机。这正是你能够收到电子音乐生日贺卡而后又可能轻易丢弃的理由,然而你可曾想到,该卡所含芯片的处理能力超过了二战中所有盟军计算机功能的总和。

摩尔定律的秘密就是,芯片制造商将嵌入每一块指甲大小的芯片的晶体管数目每 18 个月翻一番。这是通过紫外线光刻晶片微槽的方法取得的。奔腾芯片一个典型的线宽现已达到人头发丝的 1/500,绝缘层的厚度也仅有 25 个原子厚度。

然而,物理法则预示着这种翻番增长不可能永远继续下去。如此不断翻番地发展下去,晶体管最终会达到如此之小,以致于硅片器件将接近分子大小。在如此难以置信的短小距离内,异乎寻常的量子力学效应将会出现:允许电子跨越空间跃迁。打个比方来说,就像水从泄露的水龙管中喷出而不再经过管道一样,电子也会从原子大小的线路和绝缘体射出,从而导致短路。

几十年来计算机灾难预言者就一直在预言摩尔定律的消亡。物理学家 CarverMead 反驳道,“这些杞人忧天的说法不过是老生常谈而已”,但他也承认,到 2014 年,物理法则可能会产生最终的作用。晶体管器件正很快接近极限点,即晶体管器件宽度达到 $0.1\text{ }\mu\text{m}$,绝缘层仅有几个原子的厚度。去年英特尔公司工程师 PaulPackan 在《科学》杂志上警示人们,摩尔定律将会崩塌。他写道:“目前尚未找到解决这些问题的办法。”

但是,努力的方向还是知道的。搜寻硅片的后继者已演变成为一场竞赛,这是计算机界的一种神圣荣誉。可以宣称:物理学家们创建下一世纪“硅”谷的步伐已铿锵迈出。

下面就是正在探索中的 4 种理论设计方案。

1. 光子计算机

这种计算机用激光束取代电流。与用电路传递数据不同,光子计算机(the Optical Computer)用的是光束,光束可以相互交叉穿越,从而使三维微处理器成为可能。单个光子晶体管已经被发明出来,但其器件仍然非常粗大笨拙。要做到具有目前台式计算机功能那样的光子计算机,其体积足以大到如轿车一般。

2. DNA 计算机

这是正在探寻的一种最为精巧的设计方案之一。它把双螺旋结构的分子作为一种生物

计算机磁带,用 DNA 来进行计算。它用 4 个核酸来取代电子计算机二进制编码用的 0 和 1,分别用 A,T,C,G 表示。该方法具有处理海量数字的潜力,因而大的银行和研究所将来可能乐于采用。但是,因为这种计算机由装有有机液体的一系列管子组成,所以,DNA 计算机(the DNA Computer)是一个笨重的奇妙装置,近期内不可能取代笔记本电脑。

3. 分子计算机和点计算机

其他奇妙的设计方案还包括分子计算机(the Molecular Computer)和点计算机(the Quantum Dot Computer)。它们分别用单个分子和单个电子(electron)来取代硅晶体管。但是,这些方法面临着巨大的技术障碍,诸如如何大量生产原子线路和绝缘体等。目前任何看得见的实验机尚未问世。

4. 量子计算机

在未来计算机探索竞赛中出现的最大一匹黑马当非量子计算机(the Quantum Computer)莫属,它有时被誉为顶级计算机。这一设计思想是通过控制激光或电磁波,使之指向精心设计的原子核聚簇,其中每一个原子核就像一个陀螺一样旋转。当光束从原子碰撞弹回的同时,对部分原子的自旋起到抽陀螺效应。通过分析这些原子自旋的抽陀螺机制,可以进行复杂的计算。

美国知识产权局正在密切关注这些新的设计。量子计算机尤其引人注目,它可望能够破译中央情报局编制的最复杂的密码。这当然并不是说,量子计算机很快就会出现某实验室,并能使中央情报局随时陷于瘫痪。量子计算机看起来非常精致敏感,很小的扰动,哪怕是掠过一丝宇宙射线,也能改变计算原子的方向,从而破坏计算过程。目前,量子计算机仅能够执行也许是 5 个原子的简单计算(另据 2000 年 8 月 18 日焦点网 <http://www.focus.com.cn> 报道,IBM 公司等联合研制出世界上最先进的量子电脑。这种电脑使用 5 个原子作为处理器和内存,证实为 5 个原子)。若要做实用的计算工作,也许需要基于数百万个原子的计算。显然,以上这些设计都尚未接近于应用,它们大多还只是处在草图阶段,即使有些方案有了实验机,但相对于目前硅片计算机的方便和效率而言,它们仍显得十分粗糙。

事物总有两面性,假定摩尔定律某种程度上继续发挥作用,那么估计到 2050 年我们的计算机将能进行 500 万亿比特每秒的计算。那时就会像 Ray Kurzweil 所预料的,计算机将比我们人类更聪明。进化论告诉我们,一种生物总是被具有更优适应性的物种替代。当我们的机器人疏于听从人类的指令时,如果我们还算幸运,它们也许比我们曾经施于其他物种的恩惠更加同情我们;要么,把我们人类送到动物园,关在笼子里,让我们表演,并对我们投以开心果之类。

或许摩尔定律的崩坍并不是一件什么坏事。如果以上奇妙的设计都不会成功,我们的计算机将不会在每一个圣诞节不断地自动增强它的功能,这种损失也许是我们为自由而付出的小小代价而已,否则我们就恐怕会因为以上计算机功能的强大而失去人身的自由了。

6.2 计算机软件技术

6.2.1 计算机软件技术现状

计算机软件领域主要研究计算机使用技术,包括系统软件、用户编程环境与工具、应用

软件等等。需要解决的问题包括进化性、兼容性、重用性、友好性、可靠性等等。

如果说硬件是计算机的身体,则软件就是计算机的神经和大脑。因此软件的好坏直接决定了计算机的效率和应用水平。计算机软件作为 20 世纪人类文明进步的最大成果之一,必将成为人类文化的重要组成部分。现在的人类文化是构筑在语言、文化环境和文化作品的架构上,其中语言是基本的、开放的和共享的,这是人类文明可以不断进化的根本保证。将计算机软件与人类文化相类比,系统软件相当于人类语言,用户编程环境和工具相当于文化环境,而应用软件相当于文化作品。对比之下,现在的计算机系统软件绝大多数还不开放、不共享。从商业的角度看,如果没有商业利益的驱使,初期此领域很难发展起来。但发展到了一定阶段,如果系统软件不开放将会阻碍本领域的发展速度,不利于软件进化。

6.2.2 计算机软件技术的发展

计算机系统软件的开放和共享是计算机软件领域发展的必然,现在的 Linux 开放源码运动从某种程度上正是顺应这个潮流,因此可以预见必将最后取得成功。在操作系统方面,本世纪技术上最成功的系统是 UNIX,在概念上最成功的是美国苹果公司所提出的视窗图形界面,在商业上最成功的是微软公司的 Windows 操作系统。本世纪的操作系统将继承现在好的操作系统的主要优点,变成开放的和进化的。在操作系统开放之后,系统软件产业将主要集中在软件环境平台和工具的研究开发上。可视化编程环境与工具、办公套件、家庭套件、学习套件等将会有很大的发展空间。

计算机硬件发展的速度可以用摩尔定律解释,即每 18 个月翻一番,软件的发展速度目前还没有类似的定律可循。从历史上看,软件在计算机程序设计语言的进化方面大约每 10 年一代,如 20 世纪 50 年代的机器语言、60 年代 ALGOL 语言、70 年代 FORTRAN 语言、80 年代 C 语言、90 年代 JAVA 语言。由于软件的存在是依附在硬件之上的,而前些年硬件的发展变化很快,因此从旧平台向新平台的软件移植花费了大量的财力和时间。这中间有大量的软件由于种种原因无法及时完成移植而没有被继承下来。软件的兼容性和重用性一直是人们努力研究的目标,也就是说要使得一次写好的应用软件在各种不同硬件系统上都可以运行、要使得已经设计好的程序模块被有效地重复利用。在软件的兼容性方面,20 世纪贡献最大的工作是 JAVA 语言的发明,该语言的设计宗旨是“程序书写一次,到处都可运行 (write it once, run it everywhere)”。目前跨平台这一设想还没有完全有效地被实现,相信 21 世纪第一个 10 年一定可以完成。当然,如何解决非 JAVA 语言软件的跨平台问题仍然是一个难题。

计算机硬件能够快速发展的原因之一是工业化程度比较好,很多集成电路按照功能做成标准器件,因而好的功能块会保留下来并不断改进。但是到目前为止,软件的工业化程度还比较差,还做不到像硬件那样:好的程序被继续不断地使用。很多算法和程序被很多人在不同的系统中重复地实现了多次,同样的错误在不同的地方犯了又犯,很有点像古时候没有文字的年代人们传播文化和知识一样,一代一代的口授脑记,绝大部分人用毕生的精力在重复别人已经做过的事,走同样的弯路然后通过自我反省来改正。计算机科学家和软件工程师对于软件重用、软件复用的技术已经研究了几十年。已经提出了包括软件的模块化、软件重用技术、软件构件技术、软件总线等等概念。CORBA, DCOM Java Bean 等软件体系结构和中间件接口标准技术,是软件重用的很好尝试。目前在因特网上已经开始有一些用 JA-

VA 语言和库函数形式提供的软件构件可以提供使用,随着这种软件构件的规范化和实用化,计算机软件生产的工业化程度会慢慢提高,软件发展的速度也会逐渐加快。估计到 21 世纪的第一个 10 年结束的时候,软件的工业化程度可以达到 20 世纪 90 年代中期计算机硬件的工业化程度。

软件的友好性主要取决于用户界面的设计和人机交互流程的质量。界面越吸引人,人机交互流程与人的习惯越接近,软件就越友好。多媒体技术、语音识别与合成技术、手写体文字的识别、自然语言理解与机器翻译技术、图像处理与图形学技术、用户图形界面技术、人工智能技术等等都是解决软件系统友好性的关键技术,然而因为 20 世纪的计算机在速度和存储容量方面还不能容忍这些技术被广泛应用,所以目前的现状是计算机不够友好。预计在 21 世纪开始的 5~10 年中,这一情况将会有大的改变。

软件的质量不高是另外一个制约软件发展的因素。软件生产质量的改进可以从两个方面入手:一是建立软件质量保证体系,通过对软件人员的有效训练和工程管理来减少软件错误;二是发展软件正确性验证和测试技术,利用逻辑证明来发现软件中的矛盾从而找出和自动定位错误。软件质量保证体系的最高目标是编制完全无错误的程序,现阶段的高级目标是 100 万行程序中只允许有一行错误。软件质量保证体系能否有效建立主要取决于管理因素,这是 21 世纪各个国家和地区在计算机软件产业的竞争中成败的关键。软件正确性验证问题可以归结为“布尔表达式可满足性问题”,这是计算机科学中的一个“难解问题”,目前的现状处于采用优化的方法进行快速求解的应用算法学研究阶段。欧洲在航天领域已经开始尝试使用这种技术对于软件进行验证。估计在 21 世纪第二到第三个 10 年,软件正确性验证和测试技术将取得重大突破并开始走向实用。届时,软件的工业化程度将达到只落后于计算机硬件一两年的水平。

应用软件包括大型科学计算系统、海量数据管理系统、智能决策支持系统、计算机辅助设计、计算机仿真、计算机控制系统等等,在 21 世纪的社会生活和进步中将发挥更大的作用。利用了 Web 浏览技术、多媒体技术和网络信息管理系统等综合技术而构成的网络应用软件(例如电子商务)将是今后软件业发展的最大舞台。其中,作为多媒体研究热点的多媒体数据压缩与传输、数据加密、数字水印技术将是 21 世纪初发展的重点。与网络应用软件相配合的信息服务,将为社会带来更大的商业机会和更多的就业机会,并通过它逐渐改变社会的就业结构和人类的知识结构比例,进而拉动 21 世纪的社会从工业社会向信息社会的转化。

6.3 计算机应用技术

近几年来,随着计算机技术的不断进步,计算机、特别是微型计算机在我国取得了突飞猛进地发展。在微机迅速普及的同时,计算机应用水平也得到了很大程度的提高,多媒体、网络等技术遍地开花。特别是网络技术的推广应用,将改变人们传统的工作方式,给社会各行各业的工作者带来很多的便利。

人-机交互(HCI, Human Computer Interactive)理论和技术是当前发展计算机应用的一个关键。多媒体、可视化和虚拟现实技术代表了 HCI 技术的不同侧面的要求。多媒体技术是 20 世纪 90 年代计算机技术的一个重要发展方向,它改变了传统计算机只能单纯处理

数字和文字信息的不足,使计算机能综合处理声、文、图信息,并以其形象和方便的交互性,极大地改善了人机界面,改变了使用计算机的方式。

因篇幅所限,本节仅以计算机在土木工程中的应用为代表来讨论计算机应用技术的发展。

1. 计算机辅助设计的发展

在 20 世纪 70 年代之前,工程设计及科研使用计算机主要是完成数值计算结构分析,使用的计算机一般都是体积很大、速度较慢、容量较小且使用不方便的国产计算机,如 TQ16、709 机等,这种机器输入程序及数据采用纸带穿孔方式,不易被理解,检查和修改都非常不便,而且因为价格昂贵,所以只有一些大单位才有能力拥有这样的计算机。而且实用软件较少,这可以说是土木工程行业计算机应用的初级阶段。

20 世纪 80 年代初期在进口机和部分低档的微机上,采用了键盘输入,建立数据文件的办法。为了保证计算速度、精度以及小机算大题等问题,广大计算机应用人员研制了很多有效、优秀的数值方法。特别是 1981 年 IBM 推出第一台 PC 机以后,一些有敏锐眼光的软件开发人员就开始把大机器上的程序移植到 PC 机上来。但早期程序的输入输出数据量都很大,数据整理、分析仍是专业人员头痛的问题。

20 世纪 80 年代后期,软件开发技术人员学习国外先进技术,开发了具有图形前后处理功能的结构设计程序。前处理采用数据文件或人机交互输入数据,由程序对输入数据进行处理,可以生成结构计算简图和荷载图,使得用户输入数据的正确性有了充分保证。后处理可以生成变形图、内力图、振型图、配筋表等,便于使用者理解分析结果以改进结构。这样的软件大大提高了工作效率,也为计算机知识不足的土木工程专业人员上机创造了条件。这一阶段软件人员对计算机图形技术的摸索与实践蕴育了计算机辅助设计(CAD)软件的产生。

计算机辅助设计首先取得成功的是结构 CAD 软件,其后是建筑及设备专业的 CAD 软件。开发结构 CAD 软件的工作量较大,它除了系统所需的图形、汉字等软件技术外,更重要的是涉及众多计算理论,规范要求及各种不同的设计成图的习惯作法等。从上部结构到基础,从计算数据准备、结构分析、配筋设计到出施工图,既要求方便的人工干预又要尽可能提高自动化水平。我国自己开发的结构设计软件有 PK 结构设计绘图软件、PESCAD 平面体系结构 CAD 软件等。

建筑 CAD 的应用过程复杂,处理信息量大,表达形式多种多样,因此要求计算机容量大,计算速度快和显示分辨率高,即对硬件要求很高。随着微机性能的不断提高,特别是引进国外高性能的图形支撑软件,使国内出现众多 AutoCAD 平台上的建筑及设备专业 CAD 软件,可以进行三维造型,自动生成平、立、剖施工图,渲染图可以表现光影、质感和纹理,我国自己开发的建筑设计软件有:HOUSE 建筑 CAD 软件包、AUTOBUILDING(ABD)建筑绘图软件等。国外引进的图形处理软件有 3D Studio、3DMAX、Adobe Photoshop 和 Corel-Draw 等。设备专业软件功能强大,三维模型解决了碰撞问题,丰富的组件库为 CAD 设计提供了极大的方便。CAD 应用在要求真实感的建筑设计、建筑规划、建筑装修行业、建筑施工和施工管理等方面,相对结构设计来说还需要做更多的工作。

随着计算机硬件和软件的飞速发展,计算机推广应用的条件成熟了。CAD 软件的发展和普及,使我国的设计水平缩小了与发达国家的距离。CAD 的应用水平已成为衡量一个设

计单位或工程施工单位技术水平的重要标志及对外竞争投标的强有力的手段。建筑工程 CAD 可以从建筑设计方案、结构布置和分析、施工图到预算等全部由计算机完成。

我们今天处于高科技不断创新的时代,国际上 CAD 系统在技术上以日新月异的速度发展,而历史又一次给我们以发展自己的机遇,在集成化、协同化、智能化及其相关技术的研究与开发领域,可以说我们同发达国家是站在同一起跑线上的。

集成技术是指在工程设计阶段和各专业的有关应用程序之间,信息提取、交换、共享和处理的集成,即信息流的整体化,将设计的各阶段及涉及的专业有机地形成一个整体。

协同技术是指在集成的基础上,在网络技术的支持下,实行并行工程处理作业。以工程项目为核心,使不同地域的生产“虚拟群体”能及时地共享图形库、数据库、材料库及一切上网资源。这要求协同各点对工程项目有着共同的描述,可以随时进行超越障碍(包括地域间、系统间)的信息交换以修改、评价设计工作的每个环节。

智能技术即把具有学习、记忆和推理功能的专家系统运用于 CAD 系统,使系统的性能得到更大的改善,可靠性进一步提高,灵活性更大,能够适应千变万化的工程设计的实际需要。

CAD 技术只能在创新中求发展,创新一方面必须跟踪国际计算机技术发展的先进技术,另一方面需适应国内市场需求。商品软件的每一个功能细节,都要受到用户的欢迎,市场的认可。例如数据输入要尽可能的少,操作要方便,高度的自动化和人工干预要有机结合,输出图形要简洁、排版灵活,数据表格化,便于查阅及理解等。

2. 网络技术的利用

网络化是计算机应用发展的大趋势。计算机网络可供网上用户共享软件和硬件资源,为用户提供一种完善和高效的使用环境。网络还可以改变一个部门的结构和管理模式,在完成一工程项目时,所有的设计人员及管理人员无需在同一区域,通过计算机网络把他们联系起来,组成一个“虚拟群体”,能及时地共享资源。这样也可使不同工种设计部门如建筑、结构、水电、暖通等工种对设计数据的进一步共享与交流。

计算机网络可以是一个或几个办公室、一幢大楼或紧邻的楼群间的联网,称为局域网;也可以是长距离的跨地区、跨城市的联网,称为广域网。此外还有国际互联网。

国际计算机互联网是世界上最大的计算机互联网,是个巨大的信息库,它提供成千上万的信息资源,这些资源分布在世界各地 170 多个国家和地区近千万台计算机上,用户达 7 000 多万。通过互联网可进行全球电子邮件通信,可查阅和检索各种信息,共享各科学领域的研究成果。

3. 可视化技术的利用

科学计算可视化(Visualization in Scientific Computing)是 20 世纪 80 年代中后期提出并发展起来的,它是 90 年代计算机应用新技术的热点之一。近年来,可视化技术在国内已开始研究和应用,并取得了一定的成果。中国力学学会计算力学专业委员会、中国图像图形学会可视化专业委员会及中国工程设计计算机应用协会于 1995 年 4 月召开了第一届科学计算和工程设计可视化学术交流会。自此,在我国可视化技术的研究和应用进入了一个新的发展阶段。

虽然计算机用于科学计算已有 50 多年的历史,但由于受到计算机硬件技术的限制,科学计算不能以交互方式进行处理,使用者不能对计算过程进行干预和引导,只能被动地等待

计算结果的输出;而且大量的输入输出数据只能手工处理,或简单地用二维图形输出。这样处理不仅不能及时地得到有关计算结果的直观、形象的整体概念,而且手工处理数据十分繁琐、易出错,所花的时间往往是计算时间的十几倍甚至几十倍。正是在这样的背景下,科学计算可视化技术应运而生。科学计算可视化的基本思路就是将科学计算中从建立计算模型到计算结果均采用图形的输入和输出来实现,将复杂的数据计算和数据处理推向后台,用户主要和图形打交道。用户通过使用多媒体技术在屏幕上作图和修改图形,形成计算模型后,自动生成后台的输入文件,用户可以通过交互方式获取中间结果和图形仿真以了解计算过程,干预和引导计算并最终获得计算结果的图形、颜色、静态和动态画面,使研究者了解全部过程和发展趋势。

科学计算可视化利用现代计算机强大的图形功能把科学计算中产生的数字信息转变为直观的、以图像或图形信息表示的、随时间和空间变化的物理现象或物理量,如使用交互网格生成的有限元模型,结构受荷载作用过程中变形图上位移变化等。

进行科学计算的第一步是建立计算模型。除了常见的用输入数据或直接画图的方法外,近年来已发展了各种通过对摄录图像扫描采集数据从而建立计算模型,以及通过射线、超声、核子或磁共振进行断层扫描,再经重建技术把物理模型转化为计算模型等方法。这一技术的发展很大程度上得益于计算机数据处理能力和视频技术的飞速发展。特别是光栅技术日趋完善,数字用图形或图像来表示和由图像转化为数字方面以及其存取方法等的发展,为可视化技术奠定了坚实的基础。但围绕着这一相互转换的真实可靠、迅速有效等要求,仍有一系列问题需要解决。其中有软件上的问题(如数据建模、绘制算法、图形数据结构、人机界面等),也有硬件上的问题(如计算速度、容量、显示精度、颜色数等)。如将三维数据集映射到二维图像平面上,并作等值面、等值线、向量、条纹线、流线等表示,为观察三维数据内部结构及物理现象提供可能及方便。在实现以上变换过程中应始终贯彻可视化思想,并用屏幕操作通过改变图形而改变数据,干预和引导计算。

设计工作是一个从无到有的反复修正过程。设计人员根据所掌握的知识、经验、规范,通过分析、计算、判断,多次修改,最后形成一项满足预定功能要求的设计。实践证明,计算机辅助设计(CAD)在提高设计质量、加快设计进度、节省人力物力上起到不可估量的作用。然而,综观传统的CAD软件,计算机的辅助设计的重要作用之一主要表现在建模上,即通过图形的输入建立计算模型和获取相应的数据。这一阶段一般不进行或很少进行物理或功能上的分析计算,基本上仅涉及到问题的几何方面,即将设计人员的思想用几何图形表示出来。分析计算通常在后续阶段单独进行。在确定每一图形元素时以几何坐标来定位,相互之间不发生直接关系,只有等最后集成时通过其几何坐标的一致性来建立相互关系,形成整体结构。因此原则上讲这仅是一个计算机绘图的过程,某一操作所产生的物理作用及对其他部分的影响很难考虑。这一做法的另一个缺点是机时利用率很低。因为当某一操作命令发布后,计算机在刹那间就已执行完成并显示图形。在用户从这一操作转向下一操作的动作过程中,计算机处于等待状态。

实际上设计人员在一开始进行方案设计的建模阶段,就希望能紧密联系设计的物理概念及功能要求。因此要求操作具有量化的智能反应,使一部分重要操作所带来的影响能由计算机立即反映出来。为此在建模时必须按照逻辑关系来定位,建立各方面的联系,只有在这一基础上计算机才能通过分析计算将结论反馈出来,告诉设计人员下一步应该怎么做。

在操作上强调接近自然,应有尽可能多的可逆性和灵活性,能迅速频繁地进行图与数的交换,把操作所引起的数据进行加工。因此人的操作动作转换过程中,计算机有很大的余力可做此事。在分析计算阶段不能是单纯的计算,应同时在屏幕上产生图形,并通过对图形的操作变换数据,改变和引导计算进程,作出优化选择。形象地讲,操作如同用纸(屏幕)、笔(鼠标器)及橡皮(消影操作),将屏幕当作有思维能力和计算能力的纸,画画改改,人机交互地指挥计算机作出设计。至于最后设计成果的图形表示及修改,则是不言而喻的事。

综上所述,可视化技术在设计工作中的反映关键在于图形显示与分析计算的紧密结合,这就是所谓工程设计可视化(Visualization in Engineering Design)。由于可视化技术的有效性,当前有些 CAD 软件中已或多或少地融入了这一技术思想,具有可视化的某些功能。但不能认为在 CAD 中屏幕上出现了图形而认为就是可视化。在工程设计中应用可视化技术,采用视算一体化(Visual-Computing Integration)这一术语更为确切。这一技术的引用,将使科学计算和工程设计工作方式的面貌大大改观,并由此带来巨大的社会效益和经济效益,前景十分广阔。而作为工程设计重要组成部分的 CAD,可以预见,视算一体化应该也必将成为其发展的重要方向之一。

在可视化的多数应用领域中,由于可视化技术涉及的学科多、算法复杂、设备多,现有的可视化软件常常不能满足要求,因而不可避免地涉及到可视化编程。目前可用于编程的可视化软件多数表现为一些图形库或图像处理程序,如 PHIGS+, GL, GKS, SIG GRAPH 等。它们是一些基本的图形、图像处理程序,借助高级语言编程。

可视化编程环境是指开发可视化软件的程序设计环境。这是一种面向图形、图像处理的编程环境,并且模块化、动态集成,使用者可以在不需要了解各功能模块细节的基础上,通过简单的模块组合,即可生成自己的可视化软件。如 AVS(Application Visualization System)和 GIVE 等可视化系统等。可视化编程环境的基本原理是将可视化过程看成一个循环过程:由计算得到数值结果,通过数据分析得到数据的可视化图像,通过图像的观察分析,再按需要修改计算方案、边界及网格,然后重新计算。可视化编程环境把此循环中的基本功能归纳为一个可以由计算机实现的统一模式,它包含过滤(数据变换及提取)、映射(把数据映射为几何图元)、绘制(由几何数据绘制成浓淡画面)等基本模块,使用者按使用要求,通过菜单交互动态的连接生成所需要的可视化软件。

有限元分析已广泛应用于各种工程领域,是当代计算机辅助设计的核心技术。可视化技术在有限元分析中最为活跃的研究方向有实体造型、非线性现象、动态和稳定问题,网格的自适应选择等。可视化技术对提高有限元法应用的可靠性和精确度起着非常重要的作用。

推动可视化技术发展的动力来自应用。当前在土木工程领域出现了大量的可视化应用程序,如拱坝的建模和计算结果的图形表达、流场计算分析结果的处理、桥梁结构动力分析结果的可视化表达等等。此类软件一般由掌握一定软件知识的专业人员开发研制。应用 Windows 操作系统进行可视化的研究和开发可以充分利用操作系统的优势和基于操作系统的各种图形处理软件,如在 Windows95 平台上的 FORTRAN Power Station 4.0 就为在土木工程计算分析中常用的 FORTRAN 语言的继续应用提供了新的广阔前景。

4. 虚拟现实技术在土木工程中的应用

信息技术是现代文明的基础,是开展科学研究和技术开发的重要支撑手段。人类在漫长的信息交流历史中掌握了一种重要的信息处理技术——抽象。人们用一个非常简单的概

念就可以表示非常丰富的内容。在信息传递过程中,用比较精炼的语言就可以描述复杂的场景,传递大量的信息。

但是,这种信息的处理与传递方式有一个前提:信息的接受者与发送者应有相同(至少相似)的认知空间。因为接受者在接收到抽象信息后,需要将信息还原到相应的认知空间才能理解。人们是以全方位的感知和认知能力理解事物的,即人们生活在一个多维信息空间中,而抽象表示方法则往往丢失一部分细节,实际上丢失的一部分内容也是很重要的信息。多维信息经过抽象后,常常变成单维信息。这样一来,接收者就难于理解所收到的抽象信息。为了克服这样的困难,人们常借助实物来进行交流。要彻底解决这个问题,需要寻求一种多维信息表示方法,用它既可以表示真实世界,也可以表示虚拟世界。表示真实世界时,可以突破物理空间和时间约束,做到“超越现实”;在表示虚拟世界时,又能使其中的虚拟物体表现出多维逼真感,以达到“身临其境”的感受。最后形成一种“人能沉浸其中、超越其上、进出自如、交互友好的多维信息空间”。虚拟现实(Virtual Reality,简称VR),正是这样一种表示方法。VR技术为用户提供了一种新型的人机接口,它利用计算机生成的交互式三维环境,不仅使参与者能够感到景物或模型十分逼真地存在,而且能对参与者的干预和操作做出实时准确的响应。

虚拟现实中的景物可以是真实物体的模型,如正在施工的房屋、正在设计中的工厂或产品的工程模型;可以是现实中看不到的抽象模型,如化学分子结构、飞机机翼的超音速气流模型;甚至可以是利率、股票等金融信息的三维模型表示。无论怎样,它们都利用了现实世界中存在的数据,将计算机产生的电子信号,通过多种输出设备转换成能够被人类感觉器官所感知的各种物理现象,如光波、声波、力等,使人感受到虚拟境界的存在。这种现实是计算机生成的,又是现实世界的反映,是客观现实的一种表现形式。

虚拟现实在土木工程中将会有很好的应用前景。人们常说“百闻不如一见”,“一幅图能抵千言万语”,VR技术带给我们的不仅仅是“一见”、“一幅图”,而是具有真实感的序列立体图像,这样就大大方便了我们对于对象的认识和理解。例如,在兴建建筑物以前,设计人员需要与建设方讨论设计方案。在建筑物竣工之前,便需要开始推销房子,因此需要向客户介绍房子的各种情况。如果采用传统的方法,那么无论在设计时,还是推销时,都需要向其他人员做很多的说明,而且效果并不怎么理想。如果采用虚拟现实技术,我们就可以在建造房子之前,先用计算机建造一座虚拟的房子。当设计人员与建设单位讨论设计方案时,或在推销房子时,只需让对方带上头盔及数据手套,到虚拟建筑物里走一走。通过头盔,他可以看到建筑物的三维形状,同时,他所看到的内容与他所在的位置、眼睛所注视的方向相一致。因此他可以走在建筑物里,看一看建筑物的各个角落,甚至还可以打开建筑物内的门和窗,体验一下建筑物的采光情况。建设单位就可以很容易地提出修改意见或选择方案,一般的购房者也可以非常轻松地选择自己满意的房子。显然,这种方法比传统的方法更有效,可以给客户更直观、真实的感受。

VR技术还可应用于设计、规划、工程管理等,随着输入输出设备价格的降低,视频显示质量的提高,以及功能强、易使用的软件的实用化,VR的应用必然会推广开来。

5. 其他计算机技术的应用

(1) 人工智能在土木工程中的应用

专家系统、机器学习是当前人工智能(AI, Artificial Intelligence)研究中比较活跃、富有

成果的一个领域。所谓专家系统(Expert System)就是一个特定领域问题求解的计算机程序,是一种使用人类专家知识来做出判断推理的计算机程序系统,它对特定专业领域内的问题能够提供具有专家水平的解答。专家系统已被广泛应用于各个需要由专家来做出判断推理解决问题的领域,专家系统技术也被应用于各种计算机智能系统中。程序的解题能力不仅取决于它所采用的形式化体系和推理模式,而且取决于它所拥有的知识。也就是说,要使一个程序具有智能,必须向它提供大量有关问题领域的高质量的专门知识。

专家系统的研究已有近 30 年的历史,它得到了越来越多的应用,发表的论文专著也相当多。国外已涌现出了一系列成功的专家系统。如楼板设计系统 FLODER、结构构件设计 SPEX 等等。国内也研究出不少专家系统,应用领域也很广。如城市规划的智能辅助决策系统,建筑工程项目成本测算、施工管理专家系统,现有厂房评估对策专家系统等等。

开发专家系统有许多优点。人类专家位数不多,不可能随时随地出现,而专家系统只要有计算机就能运行。培养人类专家需要很长时间,专家系统则不需要。专家系统还可以把专家的宝贵经验储存起来。

学习是人类智能的主要标志和获得智慧的基本手段。到目前为止学习的机理还不清楚,所以什么是学习就没有统一的、严格的定义。机器学习是使计算机具有智能的根本途径。计算机若不会学习,就不能称为具有智能的。

把专家系统、机器学习这些新技术应用于土木工程这一领域,将会产生重大影响。

(2) 大型土木工程数据库系统的建立与完善

建立与完善大型土木工程数据库、图形库系统,与网络技术结合,可以让土木工程师可以共享数据,避免重复输入带来的浪费和错误。统一化和标准化是保证设计质量的重要手段,除了有高质量的操作系统和应用软件外,还必须建立起一个内容丰富的图形库,图形库应包括统一制图标准,常用标准图,符合规范的构造节点详图等,这是一个量大面广的基础工作,而且应有不同层次的图形库,如国家级的、地区性的和单位自有的图形库。

数据库技术与多媒体技术结合,开发多媒体数据库。采用多媒体数据库技术进行信息的存储和管理,可以对土木工程领域中大量的文档、设计方案、图纸等资料进行有效的管理。如用多媒体数据库存储城市地理信息、城市建设现状信息、城市交通和市政信息等,便于规划师进行统筹考虑、合理规划。多媒体数据库为土木工程提供了新型高效的信息工具,将会得到更广泛的应用。

(3) 各种计算机模拟的试验系统

由于计算机硬件技术和软件技术的飞速发展,很多试验可以在计算机上模拟,如采用数值模拟方法预测建筑物表面的风压。建立模拟试验系统有许多优点。比起实验室里做试验要简单、节省费用;对一些复杂的试验可起到指导作用,两者结果可相互校核;可以把不可见的东西可视化。

例如美国国家宇航局 Ames 研究中心的分布式虚拟风洞,这一共享的分布式虚拟环境用来观察三维不稳定流场。两个人协同工作,每人可在一个环境中从不同视点观察同一流场的数据。

相信随着各种新技术的普及,多媒体、可视化和虚拟现实技术,智能技术,CAD 与 MIS 系统的结合,网络技术,协同工作环境都会适应不断提高的需求而进入我们的研究与开发领域,进而成为工程设计、施工及科研的有效手段。

6.4 计算机领域的重要技术发展方向

当前计算机领域的主要问题表现在以下几个方面,如何有效解决这些问题也就是今后10~15年计算机技术的主要发展方向。

1. 计算机价格

计算机产业按摩尔定律的预测提高性能,利用了工业标准去提高产量,但计算机产品的价格并没有降低,例如,PC的价格在相当长的时间内都会保持在1000美元左右。计算机技术已经经历了专家使用期,早期流行期,公众使用期,正在进入广泛使用期。广泛使用的前提条件是占人口大多数的中低收入人群要用得起计算机。目前,计算机的购买、管理、使用价格居高不下,这是信息产业进入低谷、需求不旺的主要原因。这一点对于中国实现信息化尤其重要,如果追随美国的信息化道路,中国实现信息化需要10万亿以上的成本,这是难以承受的,所以我们必须走低成本的新型信息化道路。如何利用摩尔定律的另一面,即相同性能的芯片和其他部件每18个月左右成本下降一半,在满足价格限制条件下开发新的计算机和应用,这是计算机科技人员今后主要的努力方向。例如,在今后几年内应该能研制出成本在1000元人民币以下的PC或笔记本电脑、几十万元的万亿次高性能计算机、几元钱甚至更便宜的微小计算机。

2. 效率和生产率

目前计算机实际应用的效率十分低下,一般应用的效率只有5%~10%,科学计算也在30%以下。计算机体系结构从20世纪60年代IBM360推出以后再没有本质变化,一切计算围绕中央处理器,系统以分时共享为目标,导致计算机在网络环境下应用请求过载时效率急剧下降。另一方面,计算机的生产率,即在生命周期内给用户带来的收益也很低,研制周期长,管理成本高,使用不方便,淘汰周期短。目前国外正在开展一些研究计划,如IBM和新墨西哥州立大学的TRIPS项目等,以提高效率为目的设计CPU;美国启动的HPCS研究计划也是力图研制具有高生产率的高性能计算机。计算机系统的非性能因素,如高可用性(缩短维护时间,提高机器可使用时间)、好用性、Time-to-Solution等越来越受到重视。

3. 应用的深入和学科交叉

应用需求的增长与扩大是计算机技术发展的最大驱动力。除传统的科学计算外,工业仿真、生物制药、细粒度精确天气预报、海量信息服务等应用都对计算机提出了新的需求。例如,当前世界上最快的计算机NEC Earth Simulator以全球气候变化的模拟为设计目标;IBM正在研制的BlueGene千万亿次计算机以生物蛋白质折叠为第一需要;IBM万亿次Cell CPU以能在游戏中模拟真实的人物和环境为驱动力。未来10~15年内计算机领域发展最快的技术是计算机与其他领域的交叉学科,如生物计算或信息生物学,Compute-X和X-Info将成为未来的研究重点。

4. 高性能计算机的可靠性

高性能计算机是国家的战略需要和计算机工业技术进步的火车头。当前的大规模并行机或机群聚集了成千上万个计算机部件的计算和存储能力,但包含数千个以上处理器的高性能计算机的平均无故障时间一般只有几小时,已经无法完成需要几天计算时间的大规模计算。另外,CPU的功耗不断增加,使高性能计算机的可靠性问题进一步加剧。今后的发

展方向是如何用大量不太可靠的零部件构成可靠的高性能计算机。采用容错、自修复等技术将成为研制高可靠性计算机的必由之路。

5. 计算机的易用性和智能化

计算机终端的发展趋势是无处不在,人们将越来越感觉不到计算机的存在。从现在的PC发展为UC(Ubiquitous Computing),从人围着计算机转发展到计算机围着人转。计算机难使用已成为计算机广泛普及的主要障碍,提高各种终端设备的易用性和智能化程度将是未来15年的主要努力方向之一。

6. 自然人机界面与和谐的人机环境

今后计算机应能听、能看、能说,而且应能“善解人意”,即理解和适应人的情绪或心情。未来计算机的发展是以人为中心,必须使计算机易用好用,使人以语言、文字、图像、手势、表情等自然方式与计算机打交道。外国大公司如IBM、微软等在中国国内建立的研究院大多以人机接口为主要研究任务。我们必须在技术竞争中,特别是在汉语语音、汉字识别等方面取得主动权。这里,在软件方面要重点解决:汉语识别与自然语言理解,虚拟现实技术,文字识别,手势识别,表情识别等。力争在5~10年内使汉语识别成为较流行的人机交互方式,手势识别、表情识别等新技术开始应用。

7. 信息内容的智能处理

如何用智能化的手段处理网上的海量信息(包括文字、图像、语音等)已成为一个十分紧迫的问题。将信息转变为知识、将信息基础设施发展为知识基础设施是21世纪的重要科研方向。这里,在软件方面要重点解决:数据发掘、文本挖掘、知识发现、Internet上海量信息的智能化检索和网上软件机器人等。

8. 网络信息安全技术

信息网络上的攻防技术水平将反映一个国家的国力。在日常生活中,网上电子商务等也必须以信息安全技术为基础。网上各种有重要价值信息的版权保护本质上也是一种信息安全问题。信息安全涉及信息加密,信息的安全传输、防病毒、防黑客攻击、用户认证、用户权限分配等诸多方面,我们必须有高人一等的安全技术,才能对付网上的各种“妖魔”。这里,在软件及相关技术方面要解决:网络信息安全体系,密码学与信息加密,信息内容版权保护,信息战攻防技术,用户认证等。

9. 4C技术融合的电子产品核心技术

4C技术即计算机(Computer)技术、控制(Control)技术、通信(Communication)技术和图形显示(CRT)技术。

信息技术逐步进入后PC时代。各式各样的信息家电、网络接入终端以及集成计算与通信功能的产品层出不穷。易用性、善解人意已逐渐变成信息界关心的焦点。在这种形势下,一个具有重大创新的知识产权将带动一个新产业。此方面的重点是自然的人机界面与和谐的人机环境,特别是中文和汉语信息处理,面向信息内容的智能化处理技术,包括文字与语音的识别、翻译、查询、分类、摘要等。这一方面的技术突破将极大地推动信息服务业和计算机产业。未来10年内4C技术融合的产品将形成数千亿美元的新产业。这里,在软件及相关技术方面要解决:数字化家用信息产品的创新技术,适合国人使用的移动计算产品及核心算法、技术,信息内容的智能处理等。

10. 高端计算与内容服务

通过高速宽带 IP 连接高端计算机和其他资源形成高端计算环境,这是一项重要的信息化基础设施。目前,国外对我国仍然实行对高端计算机的禁售。研制高端计算机、建立国家信息网络必须攻克一系列关键技术。这里,在软件及相关技术方面要解决:基于 Linux 的集群和网络操作系统与运行环境软件研制,可扩展性技术(特别是化解通信热点的技术),低成本高效率的分布共享存储技术,海量存储系统及其单一文件系统,大规模并行的高可用技术,应用网格系统研制,包括生物、遥感等科学计算与金融风险分析、监控及海量信息服务,建立科学数据库中心,研究分布实时计算与计算机协同工作(CSCW),数据安全和安全认证,海量数据、多种数据源的分布存储、统一视图和集成优化管理,基于网格结点计算能力的大型可视化技术和应用,跨网格结点应用开发技术等。

6.5 我国计算机领域应重点发展的技术

在十一五期间(2006~2010 年)中国应通过自主研发,增强国内企业的竞争力,规范行业的发展,使中国计算机产业能在 2010 年以后改变面貌,从计算机产品制造业大国进入计算机设计制造的强国行列。

在产业方面,一方面要提高 PC 机与 PC 服务器的自主技术含量,强调在工业标准的基础上计算机零部件的增值创新,增强技术竞争力,扩大利润;另一个重点是扩大高性能计算机的市场占有率。在技术方面,应强调研制具有充分自主知识产权的计算机关键器件与零部件。我们应在 CPU、主板、高速互联网、机群操作系统等方面有充分自主知识产权,例如,通过微体系结构的创新,使自主设计的 CPU 的性能接近国际最高水平。

在高性能计算机方面,应通过体系结构的革命性创新,研制出具有世界领先水平的高性能计算机,走出一条不依赖国外核心技术自主发展的新路。我们追求的国际领先水平首先是低成本(相同性能条件下价格只有国外产品的 50% 以下),同时要在可重构、低功耗、好用、好维护、安全性等方面优于国外同类产品。

以 2020 年为长远目标,我国计算机领域应重点致力于以下几个技术方向。

1. 广泛应用网格技术

网格是未来 20 年内计算机领域最重要的技术之一。2020 年前我国要建成低成本的信息共享与协同工作的网格系统,使全国至少 8 亿人能上网。通过无线和宽带通信技术,将终端(包括随身携带的移动终端和具有各种功能的智能设备)与分布在各地的服务器连接在一起,实现随时随地的按需 IT 服务和资源共享,并有效方便地进行协同工作,大幅度降低信息化的成本。人们使用网格提供的服务就与同今天用电和自来水一样方便。

2. 开发出以 PB 级海量信息为对象的计算技术

随着下一代 Internet 和宽带 IP 网络的到来,Internet 上的信息将是海量的,Yahoo、AOL、MSN 等企业都使用以 PB 量级(10^{15})数据为处理对象的高性能计算机进行服务。对如国家数字图书馆的海量信息搜索等应用,PB 级海量信息和数据的接入、存储和处理十分重要。

3. 开发出数千万亿次甚至更高性能的超级计算机

高性能计算机对国家安全和经济发展有不可替代的作用。生物信息学等理论研究、长

期气候分析、破译密码等应用都需要更高性能的计算机。以比现在更廉价、更合理、更有效的方法研制千万亿次、甚至更高运算能力的超级计算机是高端计算机发展的目标,也是国家重要的战略需求。研制高性能计算机形成的若干核心技术将成为我国计算机产业的共性关键技术。

4. 开发出万亿次以上的高性能 64~128 位处理器

研制出具有万亿次以上浮点运算能力的 64~128 位通用处理器,并以此为基础构造高性能计算机系统是我国掌握计算机核心技术的标志之一。处理器的设计应实现微体系结构的创新和具有充分自主的知识产权,并且能形成主流服务器产品,运行主流服务器应用。

5. 计算机系统的效能得到数量级的提高

计算机是最先进、最灵活的生产力,国家用公共财政支持的重大研究成果一定要变成强大的生产力,提高各个部门和企业的生产效率,从而产生巨大的经济效益和社会效益。计算机系统的效能不仅包括计算机的效率,还包括研制成本与时间,运行和维护成本,系统可靠性和稳定性等。效能应以用户能获得的效益来衡量。研究显著提高计算机系统效能的技术,能极大地提高计算机的用户价值。

习 题

1. 浅谈你对数据挖掘技术、网格技术的理解。
2. 请对我国计算机技术的应用前景进行展望。
3. 谈谈你对我国计算机产业现状的看法。

第7章 计算机基础操作

第7章是计算机基础操作,包括 Windows 基础操作和一些常用的计算机工具软件介绍,如文字处理软件 Word 2003、电子表格软件 Excel 2003、演示文稿软件 Powerpoint 2003 的基本概念和使用等。通过本章的学习,基本掌握使用计算机的基本技能和应用软件的使用方法,为以后熟练地使用计算机打下基础。

7.1 中文 Windows XP 的基础操作

微软公司于 2001 年 11 月 9 日正式推出的 Windows XP,包括家庭版和专业版。家庭版针对个人及家庭用户设计,包括数字多媒体、家庭联网和通信等方面的功能。Windows XP 集成了具有媒体任务栏、自动图像尺寸调整和个性栏等新功能的浏览器 IE6 和将常用数字媒体功能整合在一起的媒体播放器 8,用户可以在同一个软件中观看录像和 DVD,收听音乐、Internet 电台,向便携式播放器传输音乐,快速刻录 CD 等等,为音频和视频的数字化处理提供了较为有利的工具。早期版本的 Windows 都设有一个文件夹“我的文档”,为了方便用户查看和处理图片、照片和音乐文件,Windows XP 新增了两个文件夹“我的图片”和“我的音乐”。其照片打印向导、Web 发布向导为数字图片的共享、发布、下载和打印提供了快捷的工具。为了使用户快速、方便地操作,新的开始菜单把用户经常使用的文件和应用程序组织在一起,以提高访问的效率。Windows XP 中文版配备了改进的微软拼音输入法 3.0 版,具有中英文混合输入、汉字注音等新功能。Internet 连接共享功能,允许家中的多台电脑经由同一个宽带或拨号连接访问 Internet。

Windows XP 专业版除具备家庭版的功能外,还增加了远程桌面功能、管理功能、防病毒功能以及多语言特性,从而为办公用户高效、安全地使用计算机提供了更多的方便。为使在视觉、听觉、行动、感觉和癫痫等方面具有一定障碍者的需要,专业版提供了较强的辅助特性,改进了放大镜、讲述人、屏幕键盘和辅助工具管理器的功能,通过“辅助功能向导”、“辅助功能选项”图标和“控制面板”中的其他图标来更改 Windows 的外观和特性,包括键盘、显示器、声音和鼠标功能设置。

熟悉 Windows 其他版本的用户不难发现,Windows XP 家庭版,就是 Windows ME 的一个增强版;而 Windows XP 专业版,则集成了 Windows 2000 专业版的部分功能。

(1) Windows XP Professional

专业版除了包含家庭版的一切功能,还添加了新的为面向商业用户的设计的网络认证、双处理器支持等特性,最高支持 2 GB 的内存。主要用于工作站、高端个人电脑以及笔记本电脑。

(2) Windows XP Home Edition

家庭版是面向家庭用户的版本。由于是面向家庭用户,因此家庭版在功能上有一定的

7.1.1 Windows XP 操作入门

桌面就是用户启动计算机登录到系统后看到的整个屏幕界面,上面可以存放用户经常用到的应用程序和文件夹图标,用户可以根据需要添加各种快捷图标,双击图标就能够快速启动相应的程序或文件。桌面是用户和计算机进行交流的窗口,通过它,用户可以有效地管理自己的计算机。

图标是具有明确指代含义的计算机图形,桌面图标是软件标识,界面中的图标是功能标识。Windows 使用小尺寸的图标来表示对象,如文档、应用程序、文件夹、设备以及其他计算机等。桌面上常用显示一些图标,上面标有“我的电脑”、“网上邻居”和“回收站”等。你能看到多少图标取决于 Windows 的设置情况。它包含图形和说明文字两部分,把鼠标放在图标上停留片刻,会出现对图标所表示内容的说明,双击图标就可以打开相应的内容。

“我的电脑”图标：计算机对硬盘驱动器、文件夹和文件的管理窗口，就像一个特殊的文件柜，软盘 A、硬盘 C 或 D、光盘等相当于其中的抽屉。另外，还有一些图标，如“控制面板”、“打印机”、“拨号网络”、“计划任务”等，它们和别的图标不一样，包含的不是具体的文件夹，而是一些系统设置的信息，可以灵活配置自己的电脑。

“回收站”图标:在回收站中暂时存放着用户已经删除的文件或文件夹等一些信息,当用户还没有清空回收站时,可以从中还原删除的文件或文件夹。

① 设置图标

230

② 排列桌面图标

执行桌面右击菜单中的用于排列图标的命令,如图 7.2 所示。

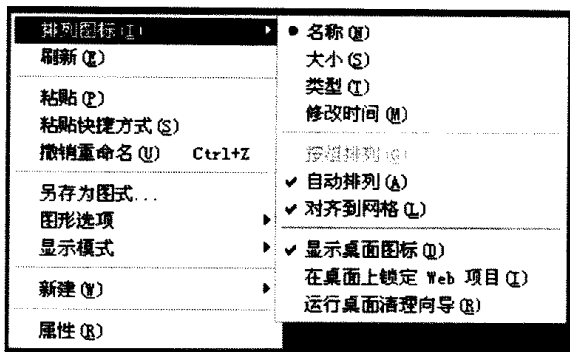


图 7.2 排列桌面图标

③ 清理桌面图标

桌面右击菜单中的用于排列图标的命令,运行桌面清理向导,如图 7.3 所示。

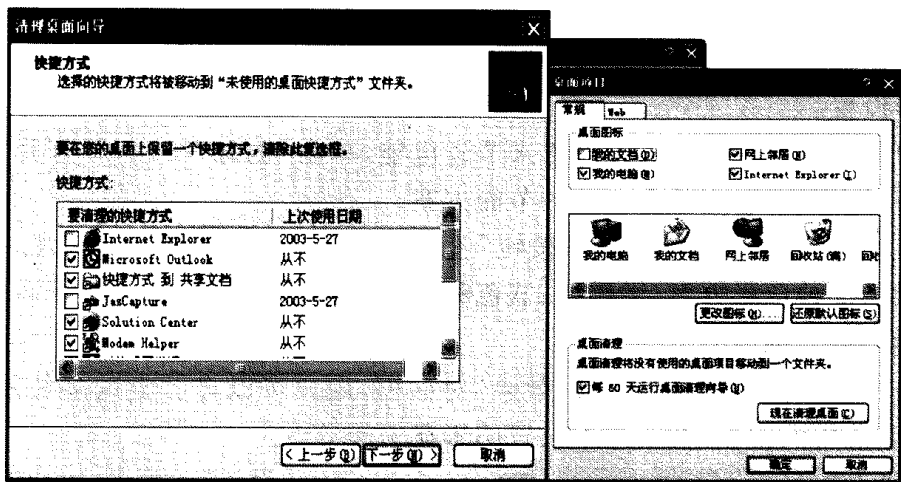


图 7.3 清除桌面图标

(2) 显示属性

通过显示属性设置,可以设置我们个性化桌面,装饰精美墙纸,选择屏幕保护等。在桌面空白处单击鼠标右键,选“属性”弹出“显示属性”对话框。

① 在“主题”选项卡的“主题”选项列表中单击向下的箭头选择主题。

② 在“桌面”选项卡的“背景”列表框中选择自己喜爱的图片,如图 7.4 所示。如需更改桌面图标,选“自定义桌面”按钮,弹出“桌面项目”对话框,单击“更改图标”按钮,出现“更改图标”对话框,如图 7.5 所示。可以在其中选择自己所喜爱的图标,也可以单击“浏览”按钮,在弹



图 7.4 显示属性

出的对话框中进一步查找自己喜欢的图标。当选定图标后,单击“确定”按钮,即可应用所选图标。

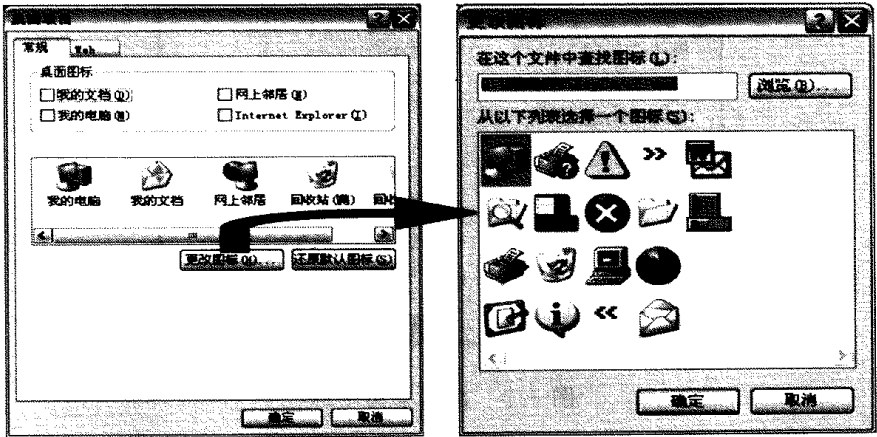


图 7.5 更改图标

③ 点击“屏幕保护程序”选项卡,在“屏幕保护程序”选项中单击向下的箭头选择屏幕保护程序。当用户选择了一种活动的程序后,如果对系统默认的参数不满意,可以根据自己的喜爱来进一步设置。

如果用户要调整监视器的电源设置来节省电能,单击“电源”按钮,可打开“电源选项属性”对话框,可以在其中制定适合自己的节能方案。

④ 点击“外观”选项卡,在“窗口和按钮”选项中单击向下的箭头选择外观。

系统提供了 3 种色彩方案:橄榄绿、蓝色和银色。默认的是蓝色,在“字体”下拉列表框中可以改变标题栏上字体显示的大小。

用户单击“效果”按钮就可以打开“效果”对话框,用户可以自己尝试多种效果。除此之外,用户还可以使用大图标、在菜单下设置阴影显示等等。

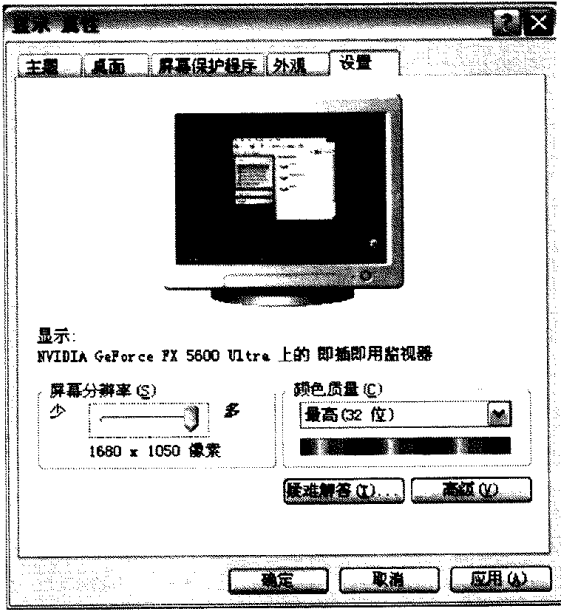


图 7.6 屏幕分辨率设置

⑤ 点击“设置”选项卡,可以在其中对高级显示属性进行设置,如图 7.6 所示。在“屏幕分辨率”选项中,用户可以拖动小滑块来调整其分辨率,分辨率越高,在屏幕上显示的信息越多,画面就越逼真。在“颜色质量”下拉列表框中有:中(16 位)、高(24 位)和最高(32 位)3 种选择。显卡所支持的颜色质量位数越高,显示画面的质量越好。

用户在进行调整时注意:自己的显卡配置是否支持高分辨率,如果盲目调整,则会导致系统无法正常运行。

单击“高级”按钮,弹出一个当前显示属性对话框,在其中有关于显示器及显卡的硬件信息和一些相关的设置,如图 7.7 所示。

在“常规”选项卡中,如果把屏幕分辨率调

整得使屏幕项目看起来太小,可以通过增大 DPI(分辨率单位:像素每英寸)的方式来补偿,正常尺寸为 96 dpi。

如果在更改显示设置后不立即重新启动计算机,某些程序可能无法正常工作,用户可以在“兼容性”选项中设置更改显示后的处理方法。

在“适配器类型”选项卡中,显示了显示适配器的类型,以及适配器的其他相关信息,包括芯片类型、内存大小等等。单击“属性”按钮,弹出“适配器”属性对话框,用户可以在此查看适配器的使用情况,还可以进行驱动程序的更新。

在“监视器”选项卡中,同样有监视器的类型、属性信息,用户可以进行刷新率的设置。

在“疑难解答”选项卡中,可以设置有助于用户诊断与显示有关的问题。在“硬件加速”选项组中,用户可以通过手动控制硬件所提供的加速和性能级别,一般启用全部加速功能。

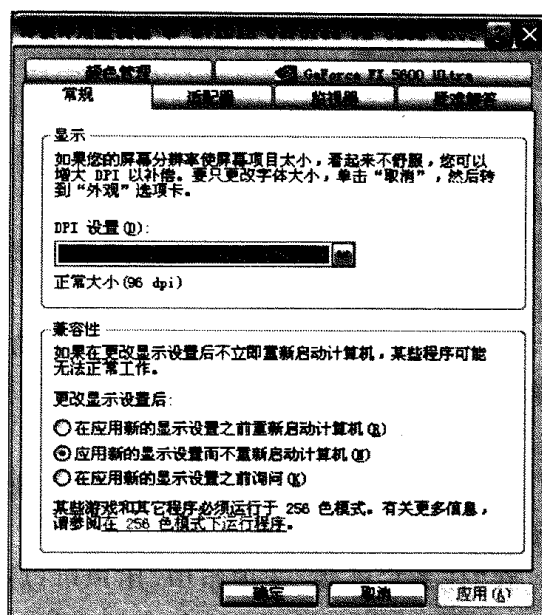


图 7.7 高级显示属性设置

2. 使用任务栏

任务栏是位于桌面最下方的一个小长条,显示系统正在运行的程序和打开的窗口、当前时间等内容,用户通过任务栏可以完成许多操作,同样也可以对它进行一系列的设置。

(1) 任务栏的组成

任务栏分“开始”菜单按钮、快速启动工具栏、窗口按钮栏和通知区域等几部分。

① “开始”菜单按钮:可打开“开始”菜单,用它打开大多数的应用程序。

② 快速启动工具栏:可以快速启动程序,一般情况下,它包括网上浏览工具 Internet Explorer 图标、收发电子邮件的程序 Outlook Express 图标和显示桌面图标等。

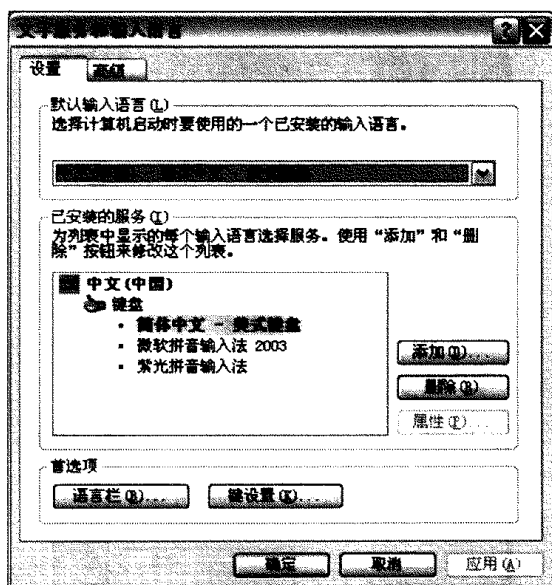


图 7.8 语言输入设置

③ 窗口按钮栏:执行应用程序而打开一个窗口后,在任务栏上会出现相应的有立体感的按钮。

注意:在正常情况下,按钮是向下凹陷的,表明当前程序正在被使用,而把程序窗口最小化后,按钮则是向上凸起的,这样可以使用户观察更方便。

④ 语言栏:可以选择各种语言输入法,切换输入法。在语言栏任意位置右击“设置”,弹出“文字服务和输入语言”对话框,用户可以进行设置默认输入语言,对已安装的输入法进行添加、删除,添加世界各国的语言以及设置输入法切换的快捷键等操作,如图 7.8 所示。

⑤ 音量控制器:即任务栏上小喇叭形状的按钮,单击后可以通过拖动上面的小滑块来

调整扬声器的音量,当选择“静音”复选框后,扬声器的声音消失。双击音量控制器,打开音量控制弹出“音量控制”窗口,用户可以调整音量控制、波形、软件合成器等各项内容。

⑥ 日期指示器:在任务栏的最右侧,显示了当前的时间,把鼠标在上面停留片刻,会出现当前的日期,双击后打开“日期和时间属性”对话框,在“时间和日期”选项卡中,用户可以完成时间和日期的校对,在“时区”选项卡中,用户可以进行时区的设置,而使用与 Internet 时间同步可以使本机上的时间与互联网上的时间保持一致。

(2) 自定义任务栏

系统默认的任务栏位于桌面的最下方,用户可以根据自己的需要把它拖到桌面的任何边缘处及改变任务栏的宽度,通过改变任务栏的属性,还可以让它自动隐藏。

① 任务栏的属性

在任务栏上非按钮区域右击选属性,弹出“任务栏和「开始」菜单属性”对话框,如图 7.9 所示。

在“任务栏外观”选项组中,用户可以通过对复选框的选择来设置任务栏的外观。

锁定任务栏:当锁定后,任务栏不能被随意移动或改变大小。

自动隐藏任务栏:当用户不对任务栏进行操作时,它将自动消失,当用户需要使用时,可以把鼠标放在任务栏位置,它会自动出现。

将任务栏保持在其他窗口的前端:任务栏总是在最前端,而不会被其他窗口盖住。

分组相似任务栏按钮:把相同的程序或相似的文件归类分组使用同一个按钮,使用时,只要找到相应的按钮组就可以找到要操作的窗口名称。

显示快速启动:选择后将显示快速启动工具栏。

在“通知区域”选项组中,用户可以选择是否显示时钟,也可以把最近没有点击过的图标隐藏起来以便保持通知区域的简洁明了。

单击“自定义”按钮,在打开的“自定义通知”对话框中,用户可以进行隐藏或显示图标的设置,如图 7.10 所示。

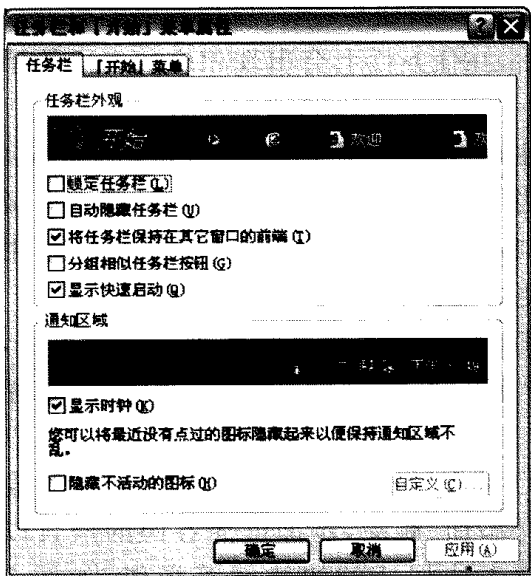


图 7.9 “任务栏和「开始」菜单属性”对话框

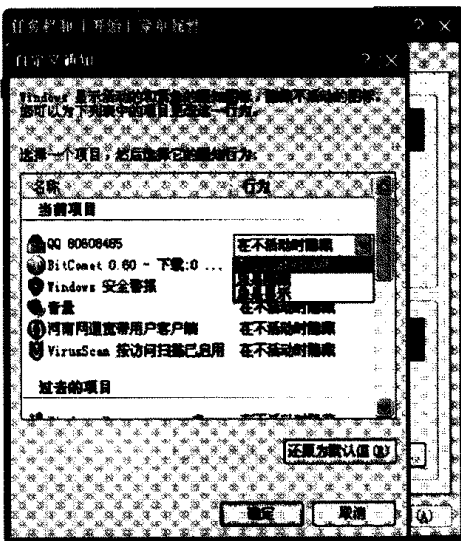


图 7.10 “自定义通知”对话框

② 改变任务栏及各区域大小

当任务栏位于桌面的下方妨碍了用户的操作时,可以把任务栏拖动到桌面的任意边缘,在移动时,用户先确定任务栏处于非锁定状态,然后在任务栏上的非按钮区按下鼠标左键拖动,到所需要边缘再放手,这样任务栏就会改变位置。

有时用户打开的窗口比较多而且都处于最小化状态时,在任务栏上显示的按钮会变得很小,用户观察会很不方便,这时,可以改变任务栏的宽度来显示所有的窗口,把鼠标放在任务栏的上边缘,当出现双箭头指示时,按下鼠标左键不放拖动到合适位置再松开手,任务栏中即可显示所有的按钮。

任务栏中的各组成部分所占比例也是可以调节的,当任务栏处于非锁定状态时,各区域的分界处将出现两竖排凹陷的小点,把鼠标放在上面,出现双向箭头后,按下鼠标左键拖动即可改变各区域的大小。

3. 认识及操作窗口

窗口是用户进行操作时的重要组成部分,熟练窗口操作,会提高用户的工作效率。

(1) 窗口的组成

XP 中有许多种窗口,其中大部分都包括了相同的组件,如图 7.11 所示是一个标准的窗口,它由标题栏、菜单栏、工具栏等几部分组成。



图 7.11 窗口

① 标题栏:位于窗口的最上部,它标明了当前窗口的名称,左侧有控制菜单按钮,右侧有最小、最大化或还原以及关闭按钮。

② 菜单栏:在标题栏的下面,它提供了用户在操作过程中要用到的各种访问途径。

③ 工具栏:在其中包括了一些常用的功能按钮,用户在使用时可以直接从上面选择各种工具。

④ 状态栏:它在窗口的最下方,标明了当前有关操作对象的一些基本情况。

⑤ 工作区域:它在窗口中所占的比例最大,显示了应用程序界面或文件中的全部内容。

⑥ 滚动条:当工作区域的内容太多而不能全部显示时,窗口将自动出现滚动条,用户可以通过拖动水平或者垂直的滚动条来查看所有的内容。

有的窗口左侧新增加了链接区域,它以超级链接的形式为用户提供了各种操作的便利途径。一般链接区域包括几种选项,可以通过单击选项名称的方式来隐藏或显示其具体内容。

⑦ “任务”选项:为用户提供常用的操作命令,其名称和内容随打开窗口的内容而变化。

⑧ “其他位置”选项:以链接的形式为用户提供了计算机上其他的位置,可以快速转到有用的位置,打开所需要的其他文件,例如“我的电脑”、“我的文档”等。

⑨ “详细信息”选项:在这个选项中显示了所选对象的大小、类型和其他信息。

(2) 打开窗口

在 Windows XP 操作系统中,打开窗口的方法有如下几种:

- 双击对象图标,如桌面图标等。
- 启动一个应用程序。
- 打开一个文件或文件夹。

(3) 窗口的大小

改变窗口的大小,可节约屏幕的显示空间,还能方便用户操作。可通过标题栏右上方的“还原”、“最大化”或“最小化”按钮,或通过拖动窗口的边缘来改变窗口大小。

(4) 移动窗口

具体操作如下:

- ① 将鼠标光标移动至窗口标题栏处。
- ② 按住鼠标左键不放,将窗口向任意方向拖动。
- ③ 当窗口移动到需要的位置时,松开鼠标左键即可。

(5) 切换窗口

在 Windows XP 中,可以同时打开多个窗口,但当前操作窗口只能有一个。而且用户对某个窗口进行编辑前,必须先将该窗口切换成当前窗口。当前窗口与非当前窗口的区别在于它们的标题栏显示不同,其中当前窗口的标题栏显示呈深蓝色,而非当前窗口的标题栏显示呈浅蓝色。

(6) 关闭窗口

当对某个窗口操作完毕后,可以将其关闭,关闭窗口的方法有如下几种:

- ① 单击窗口右上角的“关闭”按钮。
- ② 在窗口中选择“文件”中“关闭”菜单命令。
- ③ 按 Alt+F4 组合键。
- ④ 在标题栏上单击鼠标右键,在弹出快捷菜单中选择“关闭”命令。
- ⑤ 当需关闭的窗口缩小在任务栏上成为窗口按钮时,用鼠标右键单击该窗口按钮,在弹出的快捷菜单中选择“关闭”命令。

4. 使用对话框

对话框是用户与计算机系统之间进行信息交流的窗口,在对话框中用户通过对选项的选择,对系统进行对象属性的修改或者设置。

(1) 对话框的组成

对话框的组成和窗口有相似之处,例如都有标题栏,但对话框要比窗口更简洁、更直观、更侧重于与用户的交流,它一般包含有标题栏、选项卡与标签、文本框、列表框、命令按钮、单

选按钮和复选框等几部分。

① 标题栏:位于对话框的最上方,系统默认的是深蓝色,上面左侧标明了该对话框的名称,右侧有关闭按钮,有的对话框还有帮助按钮。

② 选项卡和标签:在系统中有很多对话框都是由多个选项卡构成的,选项卡上写明了标签,以便于进行区分。用户可以通过各个选项卡之间的切换来查看不同的内容,在选项卡中通常有不同的选项组,如图 7.4 所示。

③ 文本框:在有的对话框中需要用户手动输入某项内容,还可以对各种输入内容进行修改和删除操作。一般在其右侧会带有向下的箭头,可以单击箭头在展开的下拉列表中查看最近曾经输入过的内容。

④ 列表框:有的对话框在选项组下已经列出了众多的选项,用户可以从中选取,但是通常不能更改。

⑤ 命令按钮:指在对话框中圆角矩形并且带有文字的按钮。

⑥ 单选按钮:它通常是一个小圆形,其后面有相关的文字说明,当选中后,在圆形中间会出现一个绿色的小圆点,在对话框中通常是一个选项组中包含多个单选按钮,当选中其中一个后,其他选项是不可以选的。

⑦ 复选框:它通常是一个小正方形,在其后面也有相关的文字说明,当用户选择后,在正方形中间会出现一个绿色的“√”标志,它是可以任意选择的。另外,在有的对话框中还有调节数字的按钮,它由向上和向下两个箭头组成,用户在使用时分别单击箭头即可增加或减少数字。

(2) 对话框的操作

对话框的操作包括对话框的移动、关闭、对话框中的切换及使用对话框中的帮助信息等。下面来介绍关于对话框的有关操作。

① 对话框的移动和关闭

用户要移动对话框时,可以在对话框的标题上按下鼠标左键拖动到目标位置再松开,也可以在标题栏上右击,选择“移动”命令,然后在键盘上按方向键来改变对话框的位置,到目标位置时,用鼠标单击或者按回车键确认,即可完成移动操作。

注意:关闭对话框的方法有下面几种:

单击“确认”按钮或者“应用”按钮,可在关闭对话框的同时保存用户在对话框中所做的修改;

如果用户要取消所做的改动,可以单击“取消”按钮,或者直接在标题栏上单击“关闭”按钮;

在键盘上按 Esc 键退出对话框。

② 在对话框中的切换

由于有的对话框中包含多个选项卡,在每个选项卡中又有不同的选项组,在操作对话框时,可以利用鼠标来切换,也可以使用键盘来实现。

• 在不同的选项卡之间的切换

用户可以直接用鼠标来进行切换,也可以先选择一个选项卡,即该选项卡出现一个虚线框时,然后按键盘上的方向键来移动虚线框,这样就能在各选项卡之间进行切换。

用户还可以利用 Ctrl+Tab 组合键从左到右切换各个选项卡,而 Ctrl+Tab+Shift 组

合键为反向顺序切换。

- 在相同的选项卡中的切换

在不同的选项组之间切换,可以按 Tab 键以从左到右或者从上到下的顺序进行切换,而 Shift+Tab 键则按相反的顺序切换。

在相同的选项组之间的切换,可以使用键盘上的方向键来完成。

5. 中文版 Windows XP 的退出

当用户要结束对计算机的操作时,一定要先退出中文版 Windows XP 系统,然后再关闭显示器,否则会丢失文件或破坏程序,如果用户在没有退出 Windows 系统的情况下就关机,系统将认为是非法关机,当下次再开机时,系统会自动执行自检程序。

(1) 中文版 Windows XP 的注销

由于中文版 Windows XP 是一个支持多用户的操作系统,当登录系统时,只需要在登录界面上单击用户名前的图标,即可实现多用户登录,各个用户可以进行个性化设置而互不影响。

为了便于不同的用户快速登录来使用计算机,中文版 Windows XP 提供了注销的功能,应用注销功能,使用户不必重新启动计算机就可以实现多用户登录,这样既快捷方便,又减少了对硬件的损耗。

中文版 Windows XP 的注销,可执行下列操作:

当用户需要注销时,在“开始”菜单中单击“注销”按钮,这时桌面上会出现一个对话框,“切换用户”指在不关闭当前登录用户的情况下而切换到另一个用户,用户可以不关闭正在运行的程序,而当再次返回时系统会保留原来的状态。而“注销”将保存设置关闭当前登录用户,如图 7.12 所示。

(2) 关闭计算机

当用户不再使用计算机时,可单击“开始”按钮,在“开始”菜单中选择“关闭计算机”命令按钮,系统会弹出一个“关闭计算机”对话框,如图 7.13 所示,用户可在此做出选择:

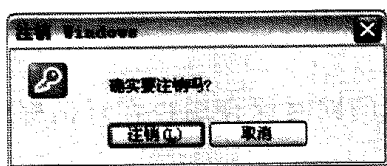


图 7.12 “注销 Windows”对话框

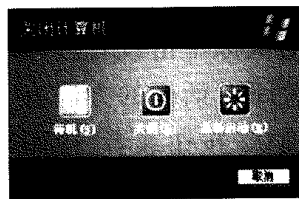


图 7.13 “关闭计算机”对话框

待机:当用户选择“待机”选项后,系统将保持当前的运行,计算机将转入低功耗状态,当用户再次使用计算机时,在桌面上移动鼠标即可以恢复原来的状态,此项通常在用户暂时不使用计算机,而又不希望其他人在自己的计算机上任意操作时使用。

关闭:选择此项后,系统将停止运行,保存设置退出,并且会自动关闭电源。用户不再使用计算机时选择该项可以安全关机。

重新启动:此选项将关闭并重新启动计算机。用户也可以在关机前关闭所有的程序,然后使用 Alt+F4 组合键快速调出“关闭计算机”对话框进行关机。

7.1.2 “开始”菜单

Windows 通过“开始”菜单可以打开大多数应用程序、查看计算机中已保存的文档、快速查找所需要的文件或文件夹等内容,以及注销用户和关闭计算机。全新的设计外观更加漂亮、易于识别,为用户提供了更为便捷的操作空间。

当用户在使用计算机时,利用“开始”菜单可以完成启动应用程序、运行命令以及寻求帮助和支持等工作,一般的操作都可以通过“开始”菜单来实现。

1. 启动应用程序

用户在启动某应用程序时,可以在桌面上创建快捷方式,直接从桌面上启动,也可以在任务栏上创建工具栏启动,但是大多数人在使用计算机时,还是习惯使用“开始”菜单进行启动。

当用户启动应用程序时,可单击“开始”按钮,在打开的“开始”菜单中把鼠标指向“所有程序”菜单项,这时会出现“所有程序”的级联子菜单,在其级联子菜单中可能还会有下一级的级联菜单,当其选项旁边不再带有黑色的箭头时,单击该程序名,即可启动此应用程序。

如果用户安装了很多应用程序,在“所有程序”菜单项中显示会难以识别,用户可以把常用的程序放在醒目的位置,操作时只要选中该菜单选项,然后按下鼠标左键拖动,这时会出现一个黑色的移动标志,到合适的位置再松开左键,这时选取拖动的对象便会在相应的位置出现。

2. 运行命令

选择“开始”→“运行”命令,打开“运行”对话框,利用这个对话框用户能打开程序、文件夹、文档或者是网站,使用时需要在“打开”文本框中输入完整的程序或文件路径以及相应的网站地址,当用户不清楚程序或文件路径时,也可以单击“浏览”按钮,在打开的“浏览”窗口中选择要运行的可执行程序文件,然后单击“确定”按钮,即可打开相应的窗口。

“运行”对话框具有记忆性输入的功能,它可以自动存储用户曾经输入过的程序或文件路径,当用户再次使用时,只要在“打开”文本框中输入开头的一个字母,在其下拉列表框中即可显示以这个字母开头的所有程序或文件的名称,用户可以从中进行选择,从而节省时间,提高工作效率,如图 7.14 所示。

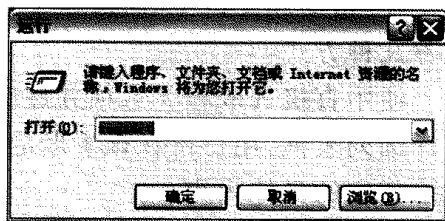


图 7.14 “运行”对话框

3. 寻求帮助和支持


中文版 Windows XP 提供了功能强大的帮助系统,当用户在使用计算机的过程中遇到了疑难问题无法解决时,可以在帮助系统中寻找解决问题的方法,在帮助系统中不但有关于 Windows XP 操作与应用的详尽说明,而且可以在其中直接完成对系统的操作。比如,使用系统还原工具撤消用户对计算机的有害更改,不仅如此,基于 Web 的帮助还能使用户从互联网上享受 Microsoft 公司的在线服务。


(1) 了解“帮助和支持”窗口

当用户选择“开始”→“帮助和支持”命令后,即可打开“帮助和支持中心”窗口,在这个窗口中会为用户提供帮助主题、指南、疑难解答和其他支持服务。中文版 Windows XP 的帮助系统以 Web 页的风格显示内容,以超级链接的形式打开相关的主题,与以往的 Windows 版

本相比,结构层次更少,索引却更全面,每个选项都有相关主题的链接,这样用户可以很方便地找到自己所需要的内容,用户通过帮助系统,可以快速了解 Windows XP 的新增功能及各种常规操作。

在“帮助和支持中心”窗口的最上方是浏览栏,其中的选项为用户在操作时提供了方便,可以快速选择自己所需要的内容。

当用户想向前移动一页,单击“”按钮,可以返回到原来的位置,在这两个按钮旁边有黑色向下的箭头,单击箭头会出现曾经访问过的主题,用户也可以直接从中选取,这样就不用逐步后退了。

当用户单击“”按钮时,会回到窗口的主页,单击“收藏夹”能快速查看已保存过的帮助页,而按下“历史”选项则可以查看曾经在帮助会话中读过的内容。

在窗口的浏览栏下方是“搜索”文本框,在这个文本框中用户可以设置搜索选项进行内容的查找。

在窗口的工作区域是各种帮助内容的选项,在“选择一个帮助主题”选项组中有针对相关帮助内容的分类,第一部分为中文版 Windows XP 的新增功能以及基本的操作,第二部分是有关网络的设置,第三部分是如何自定义自己的计算机,第四部分是有关系统和外部设备维护的内容。

在“请求帮助”选项组中用户可以启用远程协助向别的计算机用户求助,也可以通过 Microsoft 联机帮助支持向在线的计算机专家求助,或从 Windows XP 新闻组查找信息。


在“选择一个任务”选项组中用户可利用提供的各选项对自己的计算机系统进行维护。比如用户可以使用工具查看计算机信息来分析出现的问题。

在“您知道吗”选项内用户可以启动新建连接向导,并且查看如何通过互联网服务提供商建立一个网页连接。

(2) 使用帮助系统

在“帮助和支持中心”窗口中,用户可以通过各种途径找到自己需要的内容,下面向用户推荐几种方式:

使用直接选取相关选项并逐级展开的方法,使用时选择一个主题单击,窗口会打开相应的详细列表框,用户可在该主题的列表框中选择具体内容单击,在窗口右侧的显示区域就会显示相应的具体内容。

直接在“帮助和支持中心”窗口中的“搜索”文本框中输入要查找内容的关键字,然后单击“”按钮,可以快速查找到结果。

用户也可以使用帮助系统的“索引”功能来进行相关内容的查找,在“帮助和支持中心”窗口的浏览栏上单击“索引”按钮,这时将切换到“索引”页面,在“索引”文本框中输入要查找的关键字,或者直接在其列表选定所需要的内容,然后单击“显示”按钮,在窗口右侧即会显示该项的详细资料。

如果用户连入了 Internet,可以通过远程协助获得在线帮助或者与专业支持人员联系,在“帮助和支持中心”窗口的浏览栏上单击“支持”按钮,即可打开“支持”页面,用户可以向自己的朋友求助,或者直接向 Microsoft 公司寻求在线协助支持,还可以和其他的 Windows 用户进行交流。

在“相关主题”选项组中,用户可以通过“我的电脑信息”选项查看自己的计算机安装了

哪些程序和硬件,或可用的内存量等信息,在“高级系统信息”选项中提供了到系统信息的链接,用户或支持专业人员可以利用这些信息进行疑难解答以及对计算机状态进行评估。

“帮助和支持中心”窗口是可以自定义的,在窗口的浏览栏上单击“选项”按钮,会打开“选项”页面,在更改“帮助和支持中心”选项中用户可以自定义帮助系统的窗口,比如是否在浏览栏上显示“收藏夹”和“历史”这两个按钮,帮助显示内容的字体大小以及在浏览栏上是否显示文字标签等。

在“设置搜索选项”中,用户能从不同的来源寻找帮助的信息,可以在这里更改搜索范围等各种选项,如图 7.15 所示。

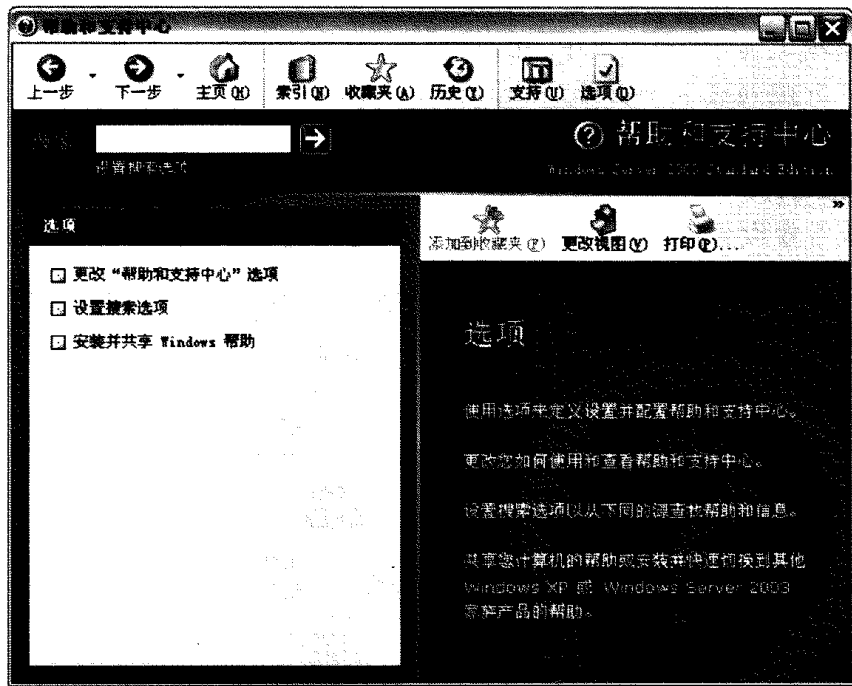


图 7.15 “帮助和支持中心”窗口

4. 自定义“开始”菜单

用户不但可以方便地使用“开始”菜单,而且可以根据自己的爱好和习惯自定义“开始”菜单。

当用户第一次启动中文版 Windows XP 后,系统默认的是 Windows XP 风格的“开始”菜单,用户可以通过改变“开始”菜单属性对它进行设置。

在任务栏的空白处或者在“开始”按钮上右击,然后从弹出的快捷菜单中选择“属性”命令,就可以打开“任务栏和开始菜单属性”对话框,在“开始菜单”选项卡中,用户可以选择系统默认的“开始”菜单,或者是经典的“开始”菜单,选择默认的“开始”菜单会使用户很方便地访问 Internet、电子邮件和经常使用的程序,如图 7.16 所示。

在“开始菜单”选项卡中单击“自定义”按钮,

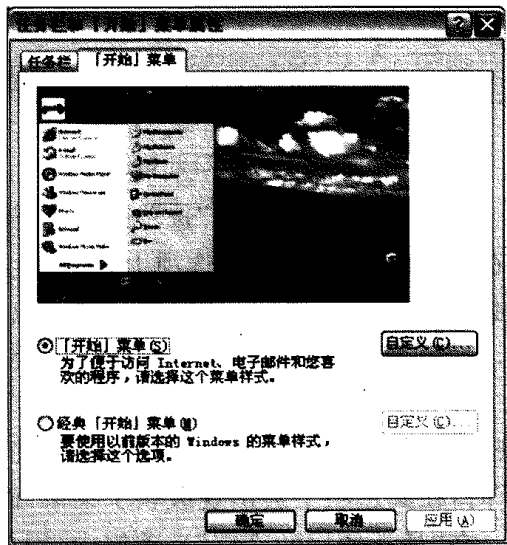


图 7.16 “开始”菜单属性

打开“自定义「开始」菜单”对话框,如图 7.17 所示。

在“为程序选择一个图标大小”选项组中,用户可以选择在“开始”菜单显示大图标或者是小图标。

在“开始”菜单中会显示用户经常使用程序的快捷方式,用户可以在“程序”选项组中定义所显示程序名称的数目,系统默认为 6 个,用户可以根据需要任意调整其数目,系统会自动统计使用频率最高的程序,然后在“开始”菜单中显示,这样用户在使用时可以直接单击快捷方式启动,而不用在“所有程序”菜单项中启动。

如果用户不需要在“开始”菜单中显示快捷方式或者要重新定义显示数目时,可以单击“清除列表”按钮清除所有的列表,它只是清除程序的快捷方式并不会删除这些程序。

在“「开始」菜单上显示”选项组中,用户可以选择浏览网页的工具和收发电子邮件的程序,在“Internet”下拉列表框中提供了 Internet Explorer 和 MSN Explorer 两种浏览工具,在“电子邮件”选项组中,为用户提供了用于收发电子邮件的 4 种程序,当用户取消了这两个复选框的选择时,“开始”菜单中将不显示这两项。

用户在完成常规设置后,可以切换到“高级”选项卡中进行高级设置,如图 7.18 所示。

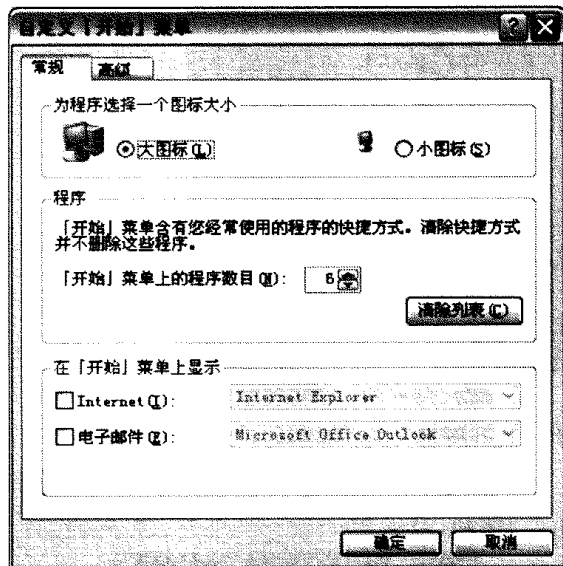


图 7.17 自定义「开始」菜单



图 7.18 自定义「开始」菜单

在“「开始」菜单设置”选项组中,“当鼠标停止在它们上面时打开子菜单”指用户把鼠标放在“开始”菜单的某一选项上,系统会自动打开其级联子菜单,如果不选择这个复选框,用户必须单击此菜单项才能打开。“突出显示新安装的程序”指用户在安装完一个新应用程序后,在“开始”菜单中将以不同的颜色突出显示,以区别于其他程序。

在“「开始」菜单项目”列表框中提供了常用的选项,用户可以将它们添加到“开始”菜单,在有些选项中用户可以通过单选按钮来让它显示为菜单、链接或者不显示该项目。当显示为“菜单”时,在其选项下会出现级联子菜单,而显示为“链接”时,单击该选项会打开一个链接窗口。

在“最近使用的文档”选项组中,用户如果选择“列出我最近打开的文档”复选框,“开始”菜单中将显示这一菜单项,用户可以对自己最近打开的文档进行快速的再次访问。当打开的文档太多需要进行清理时,可以单击“清除列表”按钮,这时在“开始”菜单中“我最近打开的文档”

选项下为空,此操作只是在“开始”菜单中清除其列表,而不会对所保存的文档产生影响。

当用户在“常规”和“高级”选项卡中设置好之后,单击“确定”按钮,会回到“任务栏和开始菜单属性”对话框中,在对话框中单击“应用”按钮,然后“确定”关闭对话框,当用户再次打开“开始”菜单时,所做的设置就会生效了。

7.1.3 文件管理

文件和文件夹是计算机中比较重要的概念之一,在 Windows XP 中,几乎所有的任务都要涉及到文件和文件夹的操作。

1. 设置文件和文件夹

文件就是用户赋予了名字并存储在磁盘上的信息的集合,它可以是用户创建的文档,也可以是可执行的应用程序或一张图片、一段声音等。文件夹是系统组织和管理文件的一种形式,是为方便用户查找、维护和存储而设置的,用户可以将文件分门别类地存放在不同的文件夹中。在文件夹中可存放所有类型的文件和下一级文件夹、磁盘驱动器及打印队列等内容。

(1) 创建新文件夹

用户可以创建新的文件夹来存放具有相同类型或相近形式的文件,创建新文件夹可执行下列操作步骤:

① 双击“我的电脑”图标,打开“我的电脑”对话框,如图 7.19 所示。



图 7.19 “我的电脑”对话框

② 双击要新建文件夹的磁盘,打开该磁盘。

③ 选择“文件”→“新建”→“文件夹”命令,或单击右键,在弹出的快捷菜单中选择“新建”→“文件夹”命令即可新建一个文件夹。

④ 在新建的文件夹名称文本框中输入文件夹的名称,单击 Enter 键或用鼠标单击其他地方即可。

(2) 移动和复制文件或文件夹

在实际应用中,有时用户需要将某个文件或文件夹移动或复制到其他地方以方便使用,这时就需要用到移动或复制命令。移动文件或文件夹就是将文件或文件夹放到其他地方,执行

移动命令后,原位置的文件或文件夹消失,出现在目标位置;复制文件或文件夹就是将文件或文件夹复制一份,放到其他地方,执行复制命令后,原位置和目标位置均有该文件或文件夹。

移动和复制文件或文件夹的操作步骤如下:

① 选择要进行移动或复制的文件或文件夹。

② 选择“编辑”→“剪切”→“复制”命令,或单击右键,在弹出的快捷菜单中选择“剪切”→“复制”命令。

③ 选择目标位置。

④ 选择“编辑”→“粘贴”命令,或单击右键,在弹出的快捷菜单中选择“粘贴”命令即可。

注意:若要一次移动或复制多个相邻的文件或文件夹,可按住 Shift 键选择多个相邻的文件或文件夹;若要一次移动或复制多个不相邻的文件或文件夹,可按住 Ctrl 键选择多个不相邻的文件或文件夹;若非选文件或文件夹较少,可先选择非选文件或文件夹,然后选择“编辑”→“反向选择”命令即可;若要选择所有的文件或文件夹,可选择“编辑”→“全部选定”命令或按 Ctrl+A 组合键。

(3) 重命名文件或文件夹

重命名文件或文件夹就是给文件或文件夹重新命名一个新的名称,使其可以更符合用户的要求。

重命名文件或文件夹的具体操作步骤如下:

① 选择要重命名的文件或文件夹。

② 选择“文件”→“重命名”命令,或单击右键,在弹出的快捷菜单中选择“重命名”命令。

③ 这时文件或文件夹的名称将处于编辑状态(蓝色反白显示),用户可直接键入新的名称进行重命名操作。

注意:也可在文件或文件夹名称处直接单击两次(两次单击间隔时间应稍长一些,以免使其变为双击),使其处于编辑状态,键入新的名称进行重命名操作。

(4) 删除文件或文件夹

当有的文件或文件夹不再需要时,用户可将其删除掉,以利于对文件或文件夹进行管理。删除后的文件或文件夹将被放到“回收站”中,用户可以选择将其彻底删除或还原到原来的位置。删除文件或文件夹的操作如下:

① 选定要删除的文件或文件夹。若要选定多个相邻的文件或文件夹,可按住 Shift 键进行选择;若要选定多个不相邻的文件或文件夹,可按住 Ctrl 键进行选择。

② 选择“文件”→“删除”命令,或单击右键,在弹出的快捷菜单中选择“删除”命令。

③ 弹出“确认文件删除”对话框,如图 7.20 所示。

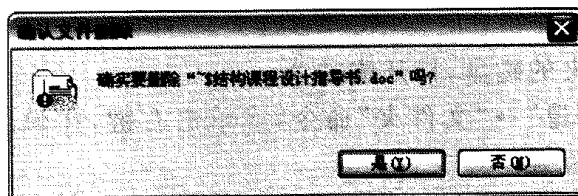


图 7.20 “确认文件删除”对话框

④ 若确认要删除该文件或文件夹,可单击“是”按钮;若不删除该文件或文件夹,可单击“否”按钮。


注意:从网络位置删除的项目、从可移动媒体(例如 3.5 英寸磁盘)删除的项目或超过

“回收站”存储容量的项目将不被放到“回收站”中,而被彻底删除,不能还原。

(5) 删除或还原“回收站”中的文件或文件夹

“回收站”为用户提供了一个安全的删除文件或文件夹的解决方案,用户从硬盘中删除文件或文件夹时,Windows XP 会将其自动放入“回收站”中,直到用户将其清空或还原到原位置。

删除或还原“回收站”中文件或文件夹的操作步骤如下:

① 双击桌面上的“回收站”图标 .

② 打开“回收站”对话框,若要删除“回收站”中所有的文件和文件夹,可单击“回收站任务”窗格中的“清空回收站”命令;若要还原所有的文件和文件夹,可单击“回收站任务”窗格中的“恢复所有项目”命令;若要还原文件或文件夹,可选中该文件或文件夹,单击“回收站任务”窗格中的“恢复此项目”命令,若要还原多个文件或文件夹,可按着 Ctrl 键,选定文件或文件夹。

注意:删除“回收站”中的文件或文件夹,意味着将该文件或文件夹彻底删除,无法再还原;若还原已删除文件夹中的文件,则该文件夹将在原来的位置重建,然后在此文件夹中还原文件;当回收站充满后,Windows XP 将自动清除“回收站”中的空间以存放最近删除的文件和文件夹。

也可以选中要删除的文件或文件夹,将其拖到“回收站”中进行删除。若想直接删除文件或文件夹,而不将其放入“回收站”中,可在拖到“回收站”时按住 Shift 键,或选中该文件或文件夹,按 Shift+Delete 键。

(6) 更改文件或文件夹属性

文件或文件夹包含 3 种属性:只读、隐藏和存档。若将文件或文件夹设置为“只读”属性,则该文件或文件夹不允许更改和删除;若将文件或文件夹设置为“隐藏”属性,则该文件或文件夹在常规显示中将不被看到;若将文件或文件夹设置为“存档”属性,则表示该文件或文件夹已存档,有些程序用此选项来确定哪些文件需做备份。更改文件或文件夹属性的操作步骤如下:

① 选中要更改属性的文件或文件夹。

② 选择“文件”→“属性”命令,或单击右键,在弹出的快捷菜单中选择“属性”命令,打开“属性”对话框。

③ 选择“常规”选项卡,如图 7.21 所示。

④ 在该选项卡的“属性”选项组中选定需要的属性复选框。

⑤ 单击“应用”按钮,将弹出“确认属性更改”对话框。

⑥ 在该对话框中可选择“仅将更改应用于该文件夹”或“将更改应用于该文件夹、子文件夹和文件”选项,单击“确定”按钮即可关闭该对话框。

⑦ 在“常规”选项卡中,单击“确定”按钮即可应用该属性。

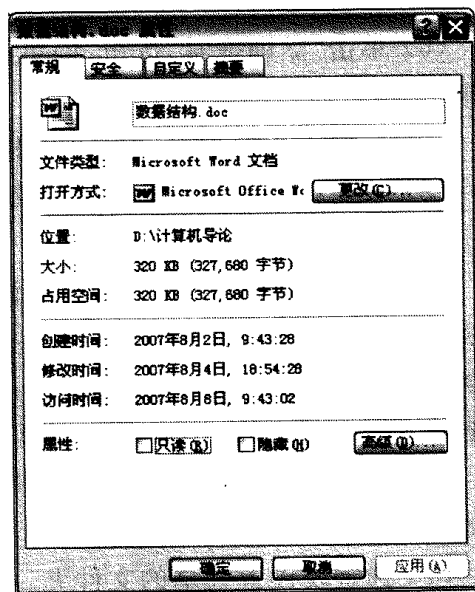


图 7.21 文件属性

2. 搜索文件和文件夹

有时候用户需要查看某个文件或文件夹的内容,却忘记了该文件或文件夹存放的具体位置或具体名称,这时候 Windows XP 提供的搜索文件或文件夹功能就可以帮用户查找该文件或文件夹。搜索文件或文件夹的具体操作如下:

- (1) 单击“开始”按钮,在弹出的菜单中选择“搜索”命令。
- (2) 打开“搜索结果”对话框,如图 7.22 所示。

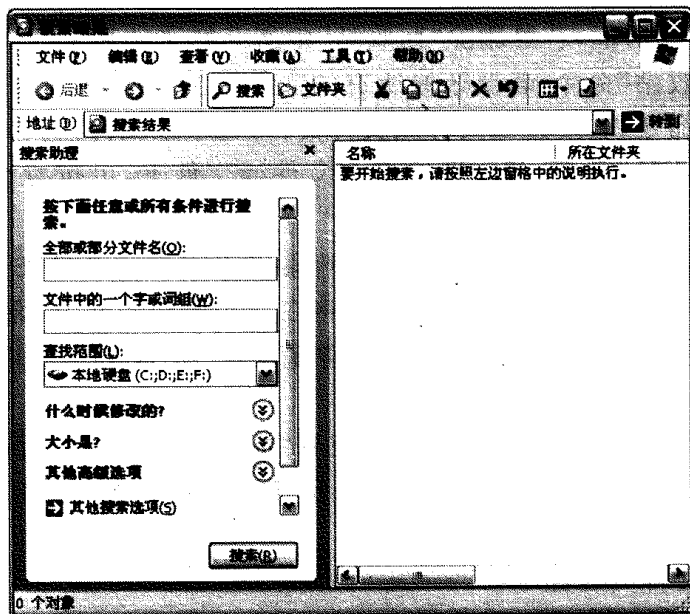


图 7.22 文件搜索

- (3) 在“要搜索的文件或文件夹名为”文本框中,输入文件或文件夹的名称。
- (4) 在“包含文字”文本框中输入该文件或文件夹中包含的文字。
- (5) 在“搜索范围”下拉列表中选择要搜索的范围。
- (6) 单击“立即搜索”按钮,即可开始搜索,Windows XP 会将搜索的结果显示在“搜索结果”对话框右边的空白框内。
- (7) 若要停止搜索,可单击“停止搜索”按钮。
- (8) 双击搜索后显示的文件或文件夹,即可打开该文件或文件夹。

3. 共享文件夹

Windows XP 网络方面的功能设置更加强大,用户不仅可以使系统提供的共享文件夹,也可以设置自己的共享文件夹,与其他用户共享自己的文件夹。系统提供的共享文件夹被命名为“Shared Documents”,双击“我的电脑”图标,在“我的电脑”对话框中可看到该共享文件夹。若用户想将某个文件或文件夹设置为共享,可选定该文件或文件夹,将其拖到“Shared Documents”共享文件夹中即可。设置用户自己的共享文件夹的操作如下:

- (1) 选定要设置共享的文件夹。
- (2) 选择“文件”→“共享”命令,或单击右键,在弹出的快捷菜单中选择“共享”命令。
- (3) 打开“计算机导论属性”对话框中的“共享”选项卡,如图 7.23 所示。

(4) 选中“在网络上共享这个文件夹”复选框,这时“共享名”文本框和“允许其他用户更改我的文件”复选框变为可用状态。用户可以在“共享名”文本框中更改该共享文件夹的名称;若清除“允许其他用户更改我的文件”复选框,则其他用户只能看该共享文件夹中的内容,而不能对其进行修改。

(5) 设置完毕后,单击“应用”按钮和“确定”按钮即可。

注意:在“共享名”文本框中更改的名称是其他用户连接到此共享文件夹时将看到的名称,文件夹的实际名称并没有改变。

4. 使用资源管理器

资源管理器可以以分层的方式显示计算机内所有文件的详细图表。使用资源管理器可以更方便地实现浏览、查看、移动和复制文件或文件夹等操作,用户可以不必要打开多个窗口,而只在一个窗口中就可以浏览所有的磁盘和文件夹。

打开资源管理器的步骤如下:

- (1) 单击“开始”按钮,打开“开始”菜单。
- (2) 选择“更多程序”→“附件”→“Windows 资源管理器”命令,打开“Windows 资源管理器”对话框,如图 7.24 所示。

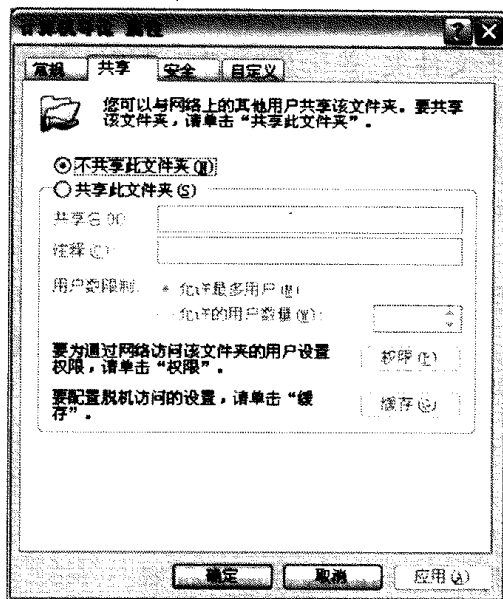


图 7.23 文件共享设置

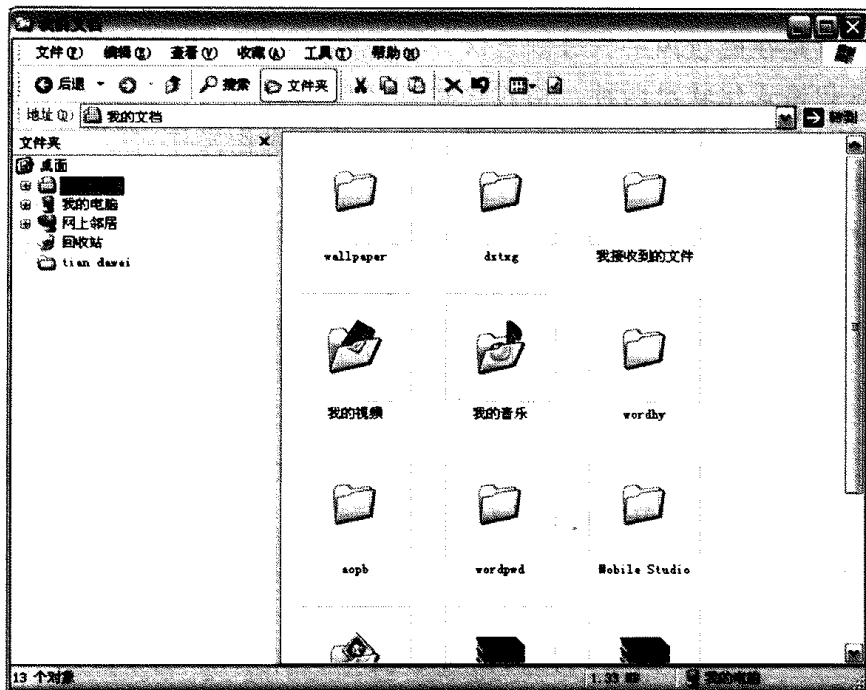


图 7.24 资源管理器

(3) 在该对话框中,左边的窗格显示了所有磁盘和文件夹的列表,右边的窗格用于显示选定的磁盘和文件夹中的内容。

(4) 在左边的窗格中,若驱动器或文件夹前面有“+”号,表明该驱动器或文件夹有下一级子文件夹,单击该“+”号可展开其所包含的子文件夹,当展开驱动器或文件夹后,“+”号会变成“-”号,表明该驱动器或文件夹已展开,单击“-”号,可折叠已展开的内容。例如,单击左边窗格中“我的电脑”前面的“+”号,将显示“我的电脑”中所有的磁盘信息,选择需要的磁盘前面的“+”号,将显示该磁盘中所有的内容。

(5) 若要移动或复制文件或文件夹,可选中要移动或复制的文件或文件夹,单击右键,在弹出的快捷菜单中选择“剪切”或“复制”命令。

(6) 单击要移动或复制到的磁盘前的加号,打开该磁盘,选择要移动或复制到的文件夹。

(7) 单击右键,在弹出的快捷菜单中选择“粘贴”命令即可。

注意:用户也可以通过右击“开始”按钮,在弹出的列表中选择“资源管理器”命令,打开 Windows 资源管理器,或右击“我的电脑”图标,在弹出的快捷菜单中选择“资源管理器”命令打开 Windows 资源管理器。

7.1.4 管理磁盘

在计算机的日常使用过程中,用户可能会非常频繁地进行应用程序的安装、卸载,文件的移动、复制、删除或在 Internet 上下载程序文件等多种操作,而这样操作过一段时间后,计算机硬盘上将会产生很多磁盘碎片或大量的临时文件等,致使运行空间不足,程序运行和文件打开变慢,计算机的系统性能下降。因此,用户需要定期对磁盘进行管理,以使计算机始终处于较好的状态。

1. 格式化磁盘

格式化磁盘就是在磁盘内进行分割磁区,作内部磁区标示,以方便存取。格式化磁盘可分为格式化硬盘和格式化软盘两种。格式化硬盘又可分为高级格式化和低级格式化,高级格式化是指在 Windows XP 操作系统下对硬盘进行的格式化操作;低级格式化是指在高级格式化操作之前,对硬盘进行的分区和物理格式化。

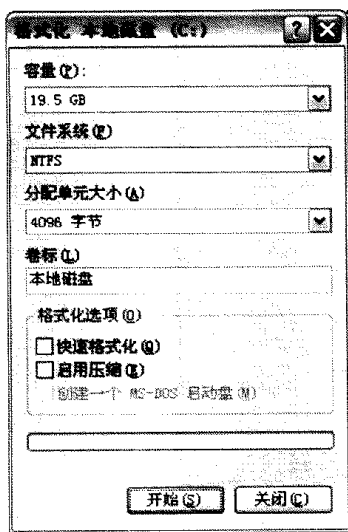


图 7.25 磁盘格式化

进行格式化磁盘的具体操作如下:

(1) 若要格式化的磁盘是软盘,应先将其放入软驱中;若要格式化的磁盘是硬盘,可直接执行第二步。

(2) 单击“我的电脑”图标,打开“我的电脑”对话框。

(3) 选择要进行格式化操作的磁盘,选择“文件”→“格式化”命令,或右击要进行格式化操作的磁盘,在打开的快捷菜单中选择“格式化”命令。

(4) 打开“格式化”对话框,如图 7.25 所示。

(5) 若格式化的是软盘,可在“容量”下拉列表中选择要将其格式化为何种容量,“文件系统”为 FAT,“分配单元大小”为默认配置大小,在“卷标”文本框中可输入该磁盘的卷标;若格式化的是硬盘,在“文件系统”下拉列表中可选择 NTFS 或 FAT32,在“分配单元大小”下拉列表中可选择要分配的单元大小。若需要快速格式化,可选中“快速格式化”复选框。

注意:快速格式化不扫描磁盘的坏扇区而直接从磁盘上删除文件。只有在磁盘已经进行过格式化而且确信该磁盘没有损坏的情况下,才使用该选项。

(6) 单击“开始”按钮,将弹出“格式化警告”对话框,若确认要进行格式化,单击“确定”按钮即可开始进行格式化操作。

(7) 这时在“格式化”对话框中的“进程”框中可看到格式化的进程。

(8) 格式化完毕后,将出现“格式化完毕”对话框,单击“确定”按钮即可。

注意:格式化磁盘将删除磁盘上的所有信息。

2. 清理磁盘

使用磁盘清理程序可以帮助用户释放硬盘驱动器空间,删除临时文件、Internet 缓存文件和可以安全删除不需要的文件,腾出它们占用的系统资源,以提高系统性能。

执行磁盘清理程序的具体操作如下:

(1) 单击“开始”按钮,选择“更多程序”→“附件”→“系统工具”→“磁盘清理”命令。

(2) 打开“选择驱动器”对话框,如图 7.26 所示。

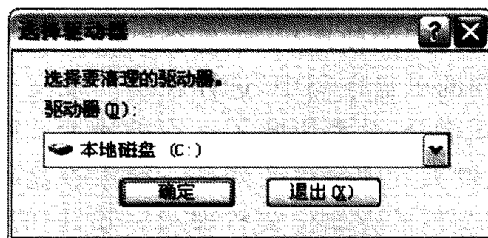


图 7.26 选择驱动器

(3) 在该对话框中可选择要进行清理的驱动器。选择后单击“确定”按钮可弹出该驱动器的“磁盘清理”对话框,选择“磁盘清理”选项卡,如图 7.27 所示。

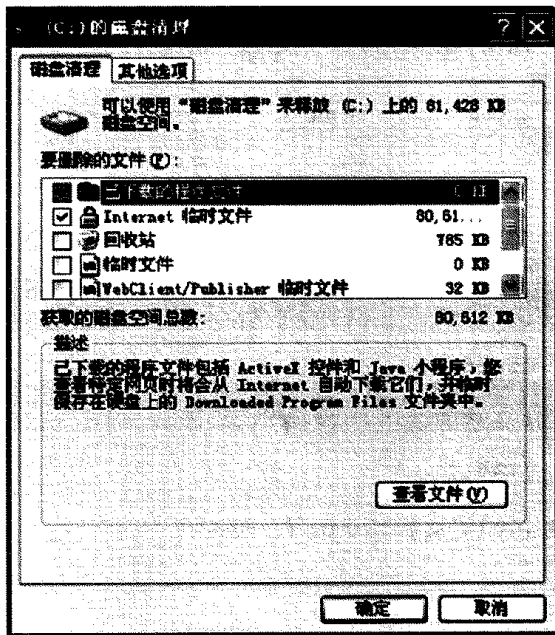


图 7.27 磁盘清理选项

(4) 在该选项卡中的“要删除的文件”列表框中列出了可删除的文件类型及其所占用的磁盘空间大小,选中某文件类型前的复选框,在进行清理时即可将其删除;在“获取的磁盘空间总数”中显示了若删除所有选中复选框的文件类型后,可得到的磁盘空间总数;在“描述”框中显示了当前选择的文件类型的描述信息,单击“查看文件”按钮,可查看该文件类型中包含文件的具体信息。

(5) 单击“确定”按钮,将弹出“磁盘清理”确认删除对话框,单击“是”按钮,弹出“磁盘清理”对话框,如图 7.28 所示。清理完毕后,该对话框将自动消失。

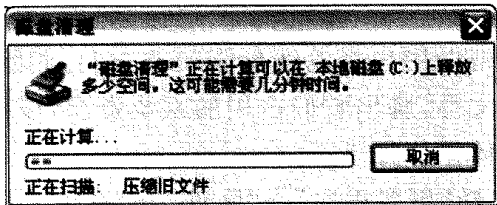


图 7.28 磁盘清理

3. 整理磁盘碎片

磁盘(尤其是硬盘)经过长时间的使用后,难免会出现很多零散的空间和磁盘碎片,一个文件可能会被分别存放在不同的磁盘空间中,这样在访问该文件时系统就需要到不同的磁盘空间中去寻找该文件的不同部分,从而影响了运行的速度。同时由于磁盘中的可用空间也是零散的,创建新文件或文件夹的速度也会降低。使用磁盘碎片整理程序可以重新安排文件在磁盘中的存储位置,将文件的存储位置整理到一起,同时合并可用空间,实现提高运行速度的目的。

运行磁盘碎片整理程序的具体操作如下:

(1) 单击“开始”按钮,选择“所有程序”→“附件”→“系统工具”→“磁盘碎片整理程序”命令,打开“磁盘碎片整理程序”之一对话框,如图 7.29 所示。

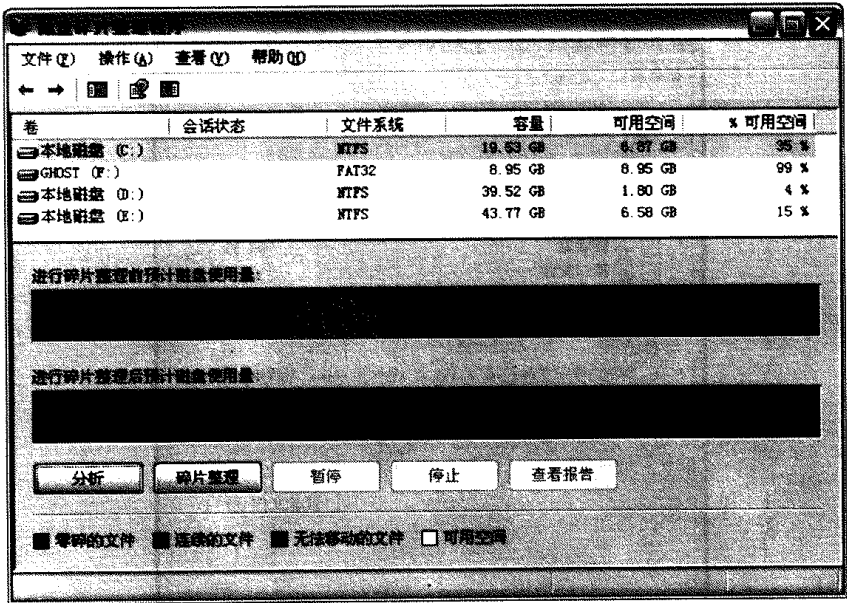


图 7.29 磁盘碎片整理程序之一

(2) 在该对话框中显示了磁盘的一些状态和系统信息。选择一个磁盘,单击“分析”按钮,系统即可分析该磁盘是否需要进行磁盘整理,并弹出是否需要进行磁盘碎片整理的“磁

盘碎片整理程序”之二对话框,如图 7.30 所示。

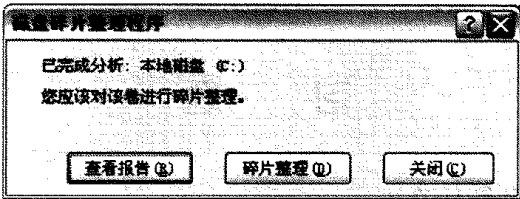


图 7.30 磁盘碎片整理程序之二

(3) 在该对话框中单击“查看报告”按钮,可弹出“分析报告”对话框,如图 7.31 所示。

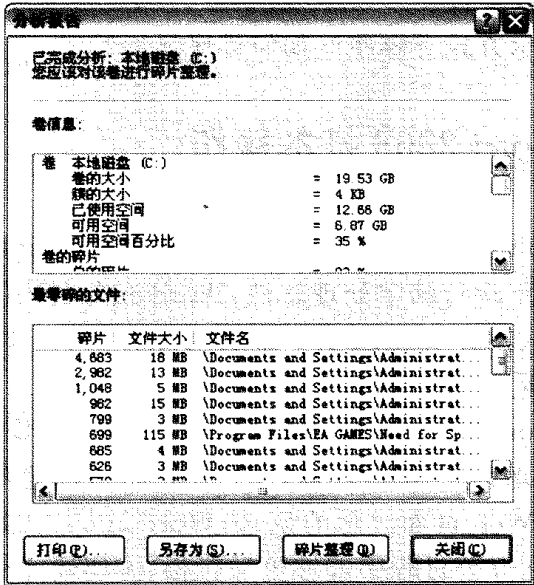


图 7.31 分析报告

(4) 该对话框中显示了该磁盘的卷标信息及最零碎的文件信息。单击“碎片整理”按钮,即可开始磁盘碎片整理程序,系统会以不同的颜色条来显示文件的零碎程度及碎片整理的进度,如图 7.32 所示。

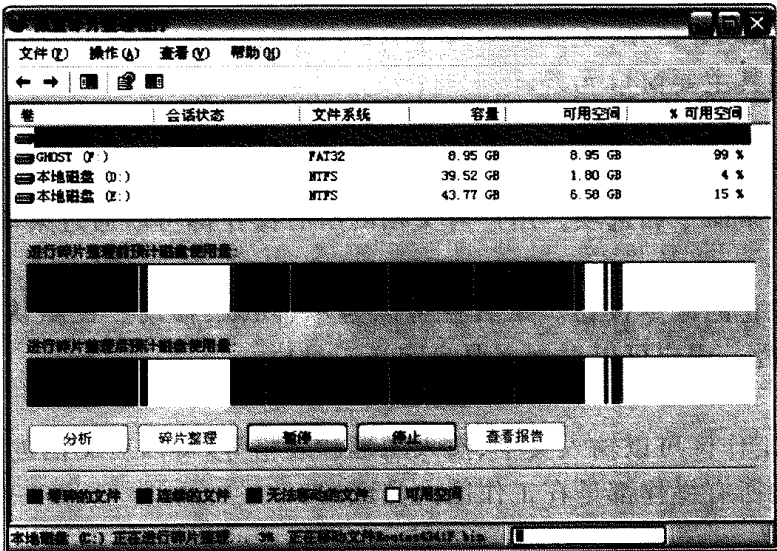


图 7.32 磁盘整理

(5) 整理完毕后,会弹出“磁盘碎片整理程序”之三对话框,提示用户磁盘整理程序已完成,单击“确定”按钮即可结束“磁盘碎片整理程序”。

习 题

1. 屏幕保护程序的作用是什么?
2. 复制和移动有什么差别?
3. 什么样的删除是永久删除?回收站有什么样的作用?
4. 如何在计算机中查找文件?
5. 文件与文件夹的显示方式有哪些?如何排序显示?

7.2 字处理软件 Word 2003 基本操作

Word 2003 是 Microsoft 公司推出的办公系列软件 Office 2003 中文版中的一个重要组件。它是在 Windows 环境下运行的字处理软件,Word 充分利用了 Windows 图文并茂的特点,为处理文字、表格、图形、图片等提供了一整套功能齐全、运用灵活、操作方便的运行环境,同时也为用户提供了“所见即所得”、赏心悦目的使用界面。

与以前的版本相比,Word 2003 在用户界面、文档管理、图形处理及文档的安全性等方面都做了增强和改进,同时增强了 Web 功能,用户不但可以创建常用的电子邮件,还可以制作出各类具有专业水准的 Web 页面。总的说来,Word 2003 中文版的界面更直观、操作更简单、使用更方便,使用户在办公过程中能够更加轻松、方便地完成工作。

7.2.1 Word 2003 概述

1. Word 2003 的界面组成

启动 Word 2003 后,打开 Word 2003 的文档窗口,如图 7.33 所示。与前面介绍的 Windows 窗口基本一致,Word 2003 的文档窗口主要包括标题栏、菜单栏、工具栏、状态栏、滚动条、标尺和工作区等。

下面分别介绍其主要窗口元素。

(1) 菜单栏

包括文件、编辑、视图、插入等 9 个不同的菜单。在菜单栏的各个下拉菜单中,分别包括用于不同目的的多条命令和选项。用户对文档的所有操作都可以通过菜单来完成。

(2) 工具栏

包括多组形象化的命令按钮。工具栏可以显示、隐藏、移动。在默认状态下,显示“常用”和“格式”工具栏。用户可以根据需要自定义工具栏。

(3) 工作区

即编辑区,在工作区可以输入文字、插入图形和表格等,可以对文档进行各种编辑工作。用户对文档进行的所有操作都是在工作区内完成的。

(4) 状态栏

显示了当前文档编辑的状态,指出了当前光标所处的页数、节数、在当前页面中的位置等。

(5) 视图切换按钮

Word 2003 有普通视图、Web 版式视图、页面视图、大纲视图及阅读版式 5 种视图方式,利用文档视图切换按钮可以进行切换。

(6) 任务窗格

Word 2003 的任务窗格包括开始工作、帮助、搜索结果、剪贴画、信息检索、剪贴板、信件文档、共享工作区、文档更新、保护文档、样式和格式、显示格式、邮件合并、XML 结构等 14 个功能选项。它比 Word 2000 多了 6 个任务窗格选项。

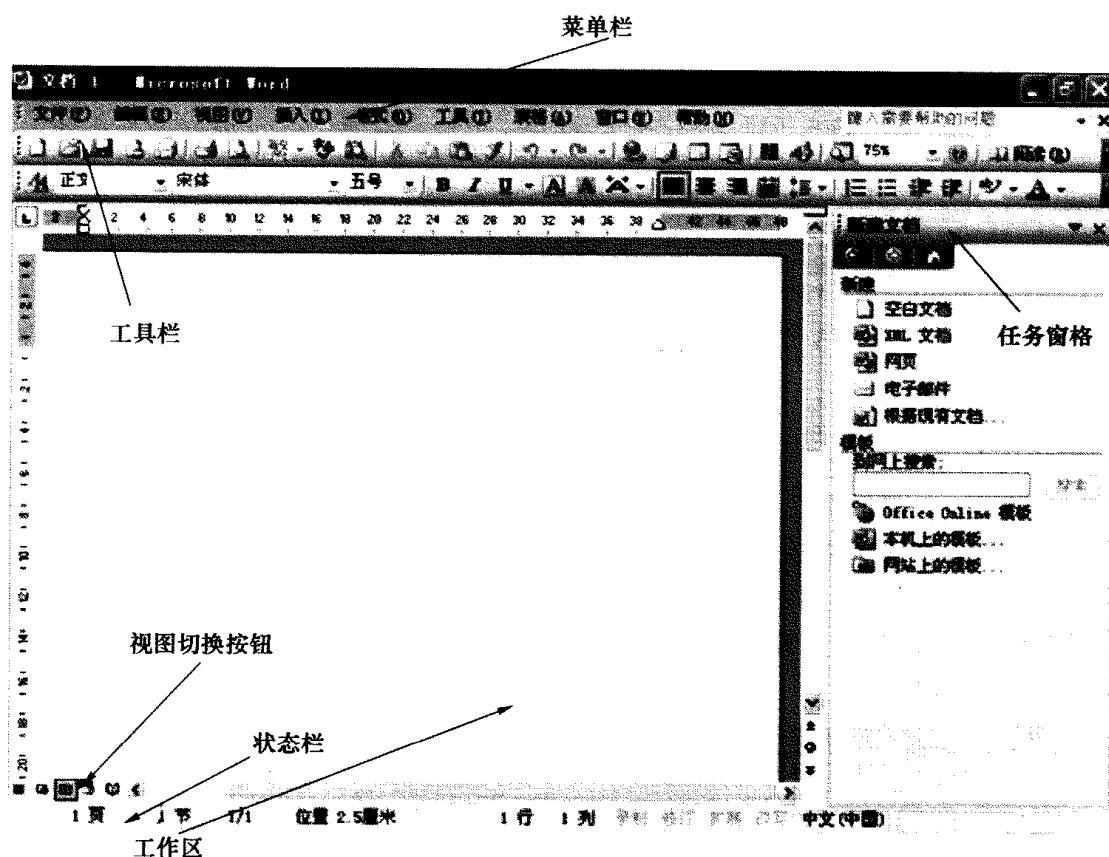


图 7.33 Word 2003 界面

2. Word 2003 的视图方式

屏幕上文档窗口的显示方式称为视图。在不同的视图下可以进行不同的操作,以方便用户输入文本和排版。

切换视图模式的方法就是单击视图区的“视图按钮”,视图按钮位于 Word 工作区的左下方,一共有 5 个视图按钮。用户也可以使用“视图”菜单中相应的命令进行切换。

(1) 普通视图

普通视图就是显示文本格式设置和简化页面的视图,也是 Word 中最常用的视图(如图 7.34 所示)。该视图中只显示字体、字号、字形、段落缩进以及行间距等最基本的文本格式,不显示页边距、页眉和页脚、背景和图形对象等,并且页与页之间用虚线表示。因此,普通视图适合输入和编辑文字,或者只需要设置简单的文档格式使用。当需要进行准确的版面调整或者进行图形操作时,最好切换到页面视图方式下进行。

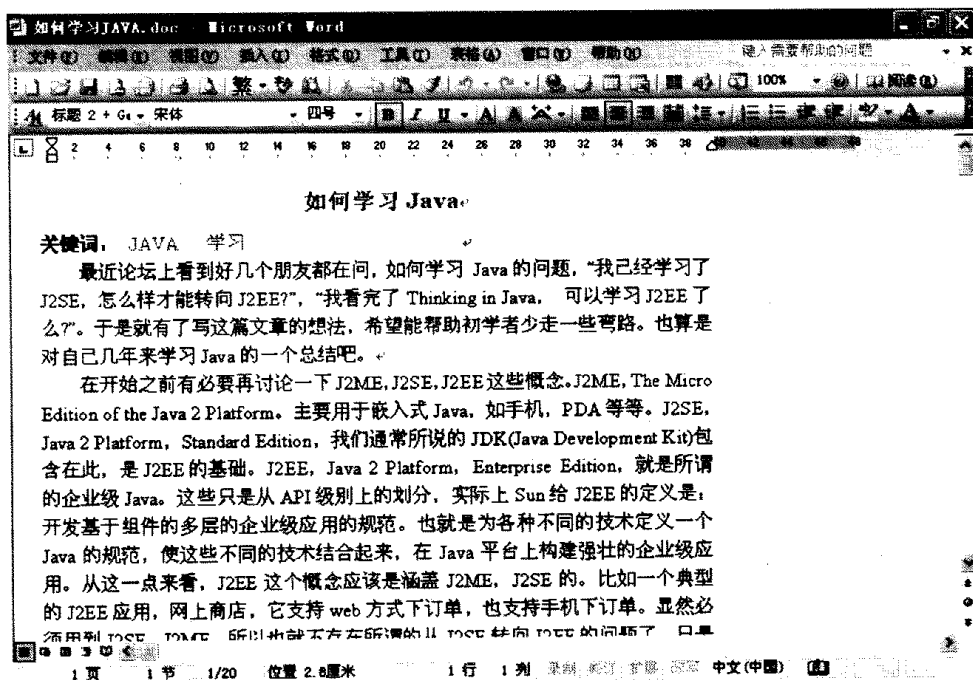


图 7.34 普通视图

(2) 页面视图

页面视图就是文档以页面形式显示,使文档看上去像写在纸上,与实际打印效果相同(如图 7.35 所示)。页面视图通常用来对文本、格式、版面和外观等进行修改等操作。在页面视图方式下,可以看到文档的外观、图形对象、页眉和页脚、背景等在页面上的效果以及多栏排列,这样,在屏幕上看到的的就是文档打印在纸上的样子。页面视图能用于编辑页眉和页脚、处理图形对象、调整页边距等操作。但页面视图使用更多的系统内存,所以用户在滚动浏览时速度相对较慢。

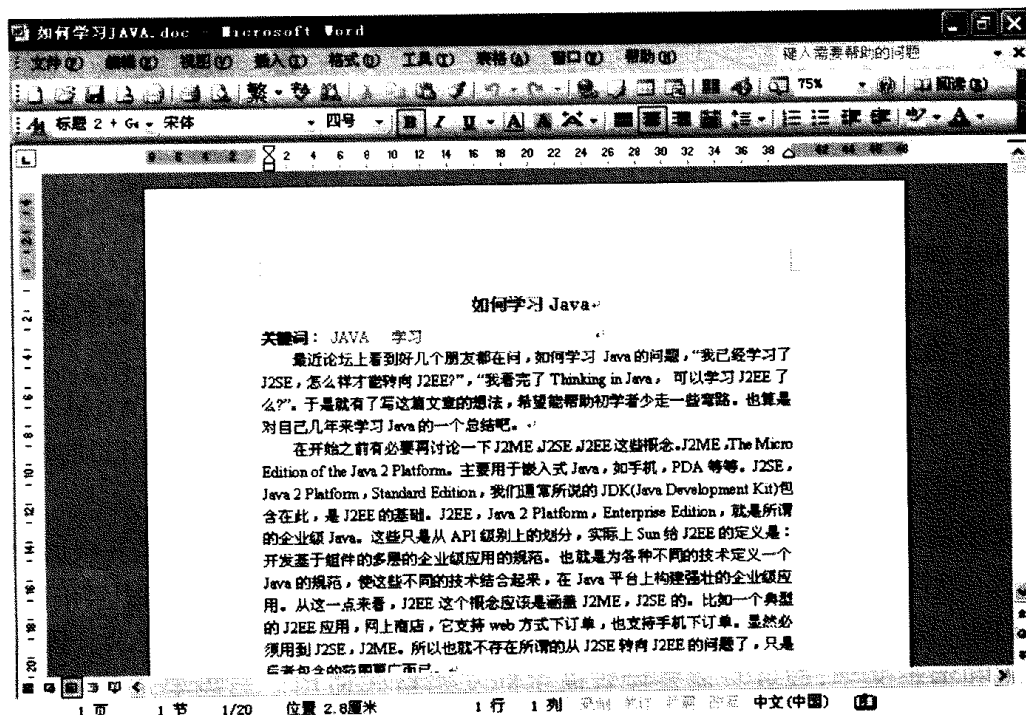


图 7.35 页面视图

(3) Web 版式视图

Web 版式视图主要用于编辑 Web 页。如果选择显示 Web 版式视图,编辑窗口将显示文档的 Web 布局视图,此时显示的画面与使用浏览器打开文档的画面一样(如图 7.36 所示)。用户可以看到背景和为适应窗口大小而换行显示的文本,并且图形位置与在 Web 浏览器中的位置一致。在 Web 版式视图下,用户可以对文档的背景颜色进行设置,还可以浏览和制作网页等。

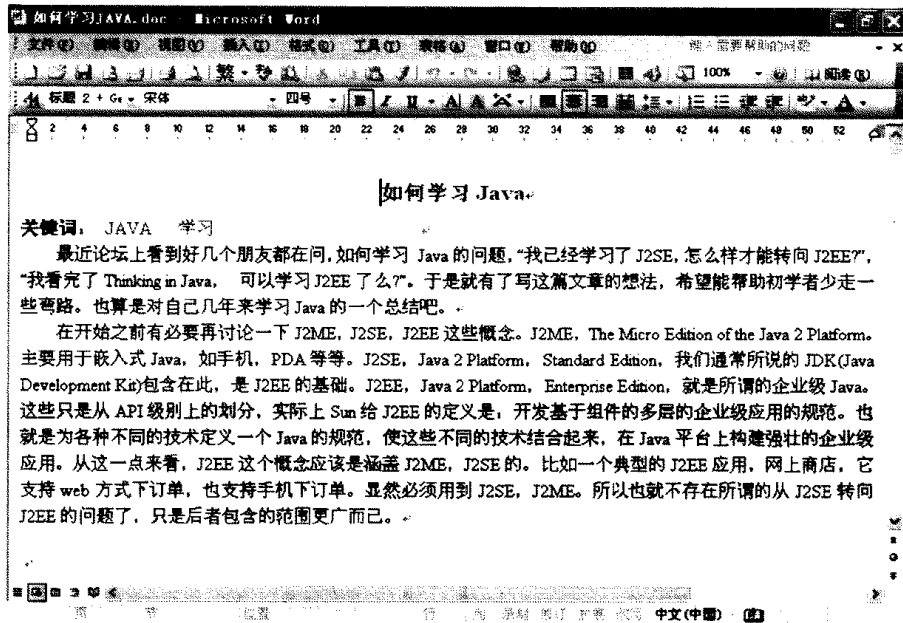


图 7.36 Web 版本视图

(4) 大纲视图

大纲视图主要用于显示、修改和创建文档的大纲。大纲视图将所有的标题分级显示出来,层次分明。大纲视图中不显示页边距、图形对象、页眉和页脚、背景等。如图 7.37 所示,在文档编辑区上方打开“大纲”工具栏,“大纲”工具栏提供了操作大纲时用到的所有功能按钮(如图 7.38 所示)。使用这些功能按钮,可以非常方便地对文档的样式进行操作。

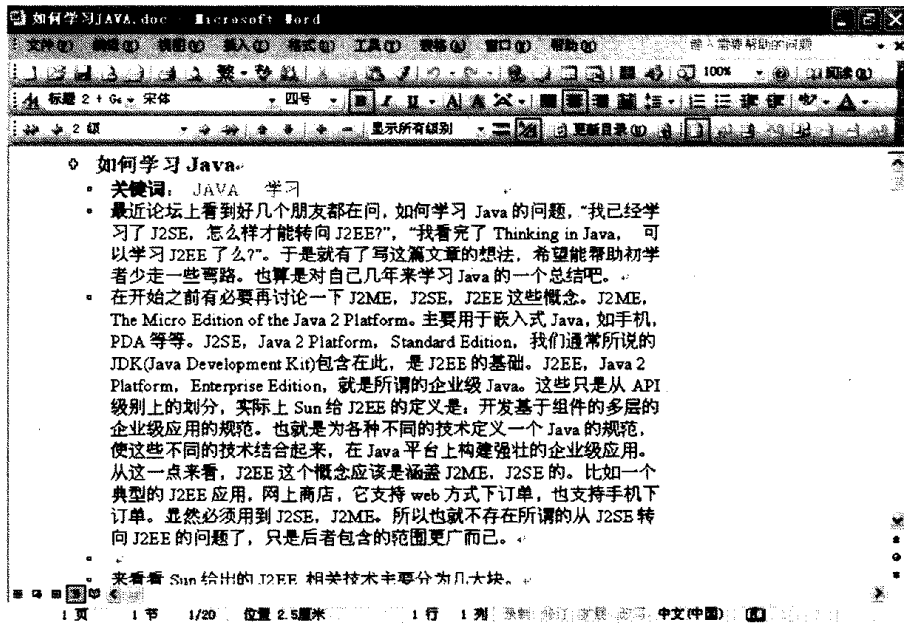


图 7.37 大纲视图

“提升”、“降低”按钮功能为把选定的标题级别提升或降低,“降为正文文字”按钮功能为将所选标题降级为正文,单击“上移”、“下移”按钮,可以把选择的标题上下移动,“展开”、“折叠”按钮用来展开或折叠标题下的文字。

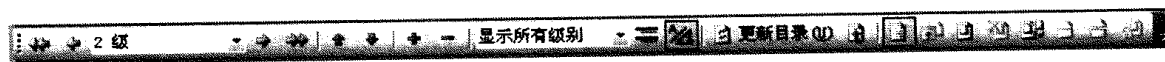


图 7.38 Web 版式视图

(5) 阅读版式视图

阅读版式视图是 Word 2003 新增加的视图方式,可以使用该视图对文档进行阅读。该视图中把整篇文档分屏显示,文档中的文本为了适应屏幕自动折行,在该视图中没有页的概念,不显示页眉和页脚,在屏幕的顶部显示了文档当前屏数和总屏数,效果如图 7.39 所示。

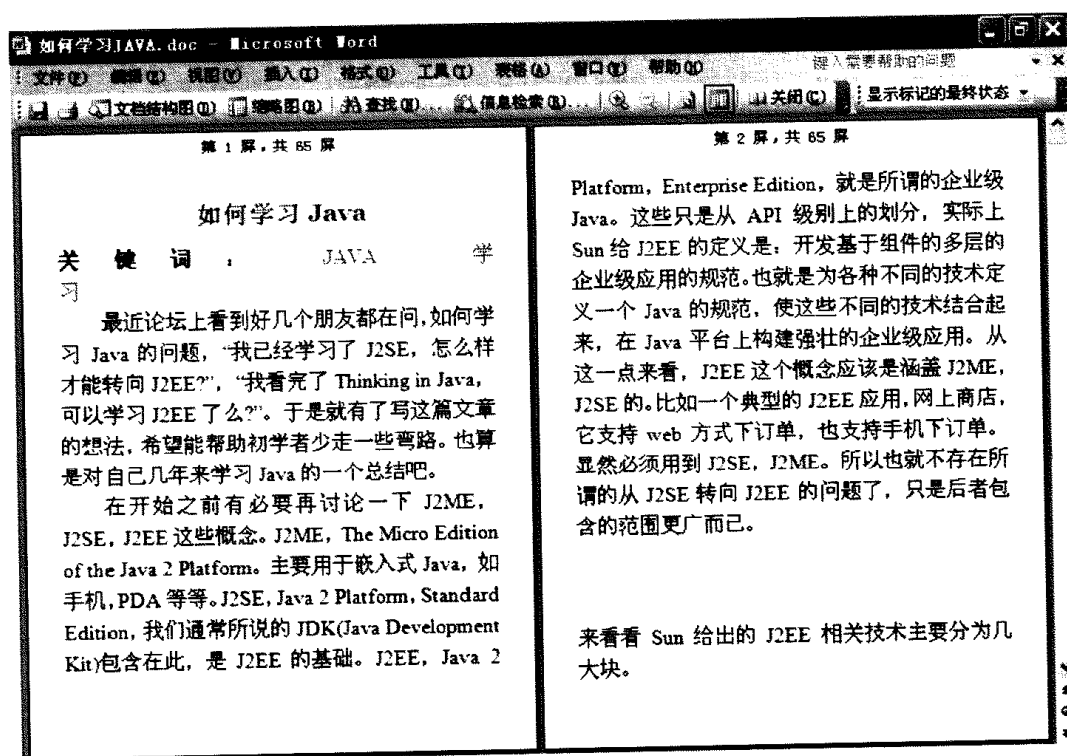


图 7.39 阅读版式视图

3. Word 2003 的主要新增功能

表面看来,Word 2003 与它的前一版本几乎没有什么变化,只是界面更加友好,但实际上 Word 2003 做了很大的变动,Word 2003 与以往版本的最大不同之处就是使用 Word 2003 与他人交流更加方便,能够很好地进行协同工作。

(1) 智能标记

在 XP 版本中新增了一个智能标记功能,可达到快速完成操作的功效,而 Word 2003 除了延续 XP 所内建的智能标记之外,还另外新增了两种智能标记项目。另外,Word 2003 还

提供自定义智能标记项目内容的功能,用户可以利用自定义功能,自行量身定做一个符合需求的智能标记。

(2) 任务窗格

Word 2003 延续了任务窗格的功能,且新增许多功能强大的任务窗格项目,包括开始工作、帮助、搜索结果、共享工作区、文档更新、保护文档、XML 结构等。

(3) 网上信息检索与翻译

用 Word 进行文档编辑时,有时需要在互联网上检索与文档相关的信息,有时需要将中文翻译成英文或将英文翻译成中文,Word 2003 的信息检索任务窗格引入了电子词典、同义词库和在线研究站点,用户无需使用额外安装的应用软件,也无需打开浏览器,即可获得强大的信息检索功能,从而可以极大地提高工作效率。

(4) 支持 XML 语言

Word 2003 提供了对 XML(Extensible Markup Language,可扩充标记语言)的支持,XML 与 HTML 同是网络文件语言,不同的是 XML 具备可延展性,它弥补了 HTML 语言的不足,XML 结构严谨,显示样式与信息数据是分离的,从而使得搜索引擎能快速高效地找到所需信息。在 Word 2003 中,可以通过模板创建 XML 文档,或者给一个已经存在的 Word 文档添加 XML 标记。

(5) 更加完善的文档保护

在原来版本的 Word 中,为了防止他人对自己文档上为所欲为,可以为它设置修改权限,但如果同一篇文档中有的内容不允许被人修改,有的内容又必须让人修改时,修改权限对此无能为力。在 Word 2003 中,新增的“保护文档”任务窗格可以为文档中特定的编辑方式设置权限,如不允许他人在文档中应用某种格式,或只允许他人编辑批注而不允许其他的编辑操作等。

(6) 并排比较文档

在阅读文档时有时需要与其他文档进行比较,在以前的 Word 版本中要比较两篇文档,智能将两个窗口用手动的方法进行拖动和平移。Word 2003 提供了新的比较文档的方法,并排比较文档,无需将多名用户的更改合并到文档中就能简单地判断出两篇文档间的差异。

7.2.2 文档的创建与编辑

在 Word 中进行文字处理工作,首先要创建或打开一个文档,然后进行编辑与排版,工作完成后将文档以文件形式保存,以便今后使用。Word 创建的文档用“.doc”为扩展名标识。用户通常需要对文档进行各种操作,创建、打开、保存和编辑文档是字处理的最基本操作。

1. 文档的创建与保存

启动 Word 2003 应用程序后,Word 自动创建一个名称为“文档 1”的空白文档。如果要

创建新的文档,可以使用下面 3 种方法:

- (1) 按 Ctrl+N 快捷键。
- (2) 单击“常用”工具栏的“新建空白文档”按钮。

使用以上两种方法,Word 2003 将基于通用模板创建新的空白文档。

(3) 执行“文件”→“新建(N)”,启动并使用“新建文档”任务窗格。使用这种方法,有较多的文档类型可以选择。在任务窗格中,可以新建“空白文档”、“XML 文档”、“网页”和“电子邮件”,也可以根据原有文档或模板创建新文档。如图 7.40 所示。

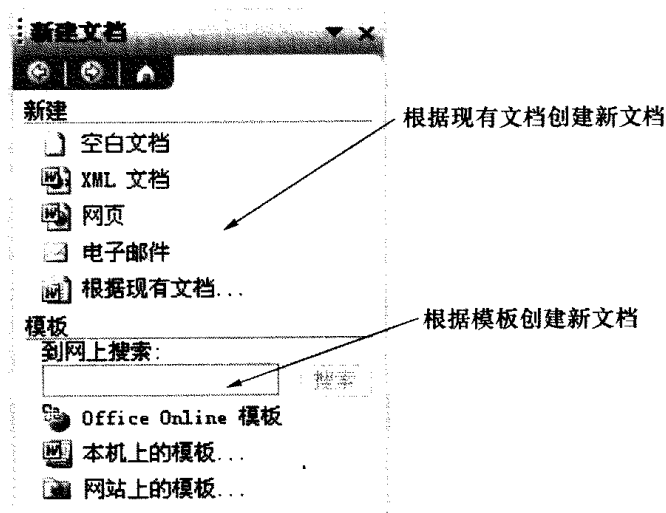


图 7.40 新建文档

根据原有文档创建新文档可以创建一个和原始文档内容完全一致的新文档。根据模板创建新文档,如图 7.41 所示,可以选择一种具体的模板类型,单击“确定”按钮或直接双击所需模板的图标,即可以新建此类文档或有向导指示有关文档的具体设置。如果不能满足要求,还可以选用“Office Online 模板”或“网站上的模板”。在“最近所用模板”列出了最近使用过的模板类型,直接单击就可以根据该模板创建新文档。

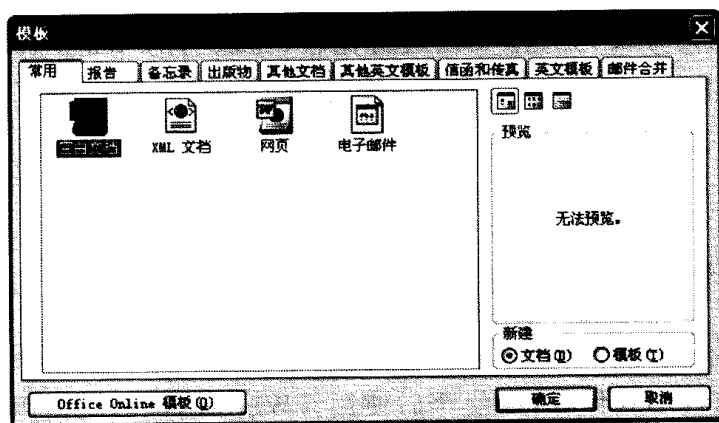


图 7.41 由模板创建新文档

保存文档有以下几种方法:

- (1) 选择“文件”→“保存”命令。
- (2) 选择“文件”→“另存为”命令。

(3) 使用工具栏的“保存”按钮。

(4) 利用 Ctrl+S 命令进行保存。

(5) 自动保存文档:为了防止突然断电或意外事故,Word 提供了定时自动保存文档的功能。设置“自动保存”的方法:选择“工具选项”,打开如图 7.42 所示的对话框。设置自动保存的时间间隔后,单击“确定”按钮即可。系统默认为 10 分钟。为了安全起见,Word 字处理软件允许用户设置打开或修改文档的密码,对于设置了密码的文档,打开时必须核对密码。

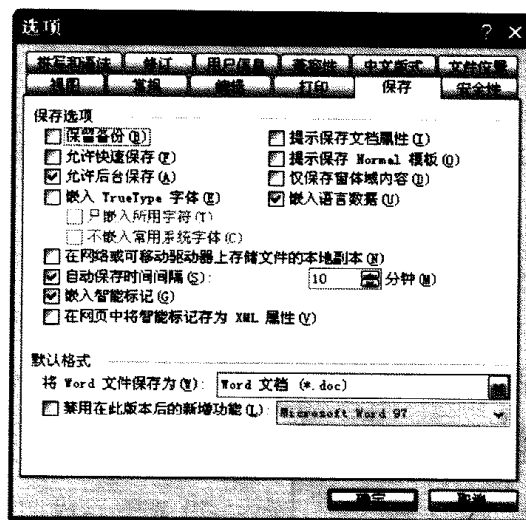


图 7.42 自动保存选项

打开用于编辑一个已存放在磁盘上的文档。可以使用“常用”工具栏上的“打开”按钮,或“文件”菜单的“打开”命令,将文档从外存储器中调入内存存储器。

2. 文本的编辑

在当前编辑的文档中,垂直闪烁的光标成为插入点,输入的文本总是放在插入点位置,用鼠标或键盘操作都可以改变插入点的位置。在编辑文档过程中,可以使用剪贴板对选定的内容进行复制(Ctrl+C)、剪切(Ctrl+X)、粘贴(Ctrl+V)、删除等操作。

在编辑文档时,难免会出现操作失误,则可以用撤消命令(Ctrl+Z)把最后的操作撤消。多次执行撤消命令可以依次向前取消多次操作。在撤消某操作后,如果认为不该撤消该操作,又想恢复被撤消的操作,可以执行恢复命令(Ctrl+Y)。

3. 文字的查找与替换

在处理一些长的文档时,用户也许会发现一些错误,而且错误不止在一处,如果一个个查找并修改错误会花费很多的时间和精力,而且有可能漏改。在 Word 中,提供了方便的查找和替换功能。选择“编辑”→“查找”命令,为了查找和替换更加准确无误,则单击“高级”按钮,打开如图 7.43 所示的“查找和替换”对话框。“搜索”下拉列表框用于选择查找和替换的方向,比如选择“向上”选项,则搜索向上进行。“搜索”选项组中的 3 个复选框可以用来设置查找和替换单词的各种格式,比如查询是否区分大小写、使用通配符等。

此外查找与替换功能还可以用于带有格式的文本,以及一些特殊字符,如空字符、制表符和分栏符等,只需要对“替换”选项卡中的各选项进行设置,即可实现这些功能。比如,要查找文字

中的省略号,则点击如图 7.43 所示的对话框中的“特殊字符”按钮,然后选择“省略号”即可。

图 7.43 查找与替换操作界面

对字符格式的操作包括:改变文字或数字的字体、改变文字或数字的字号、给文字或数

图 7.44 设置字体格式

操作方法是:选中要设置格式的文本,单击“格式”→“字体”菜单项,或右键打开“字体”命令,弹出“字体”对话框,根据需要设置格式。

在图 7.44 的“字符间距”选项卡中设置字的间距,改变字和字之间的距离。还可以使得文字有其他生动的效果,可以在字体的“文字效果”中去设置。

更为简单的方法是使用“格式”工具栏。

如下所示的工具栏,第一个下拉框可用于修改文字的字体;第二个下拉框可以用于修改文字的大小。









B 按钮用于加粗字体；**I** 用于把字体格式改为斜体；**U** 按钮用于给文字增加下划线。

2. 段落格式设置

操作方法是:首先把鼠标置于某段文字中,单击“格式”→“段落”菜单项,弹出“段落”对话框,根据需要设置段落格式,比如可以设置行距、段前距离和字符间距等。

在如图 7.45 所示的对话框中,把此段文字的段落格式设置为:左右都“缩进”3 个字符,段前间距为 1 行,段后间距为 0 行,首行缩进两个字符,行间距为 1.5 倍行距,文本对齐方式为居中。

对段落格式进行设置的更加便利的方法是使用“格式”工具栏,下面列举几个非常有用的段落格式工具栏按钮,并介绍它们的功能。

 按钮用于鼠标所在段落的文字两端对齐;
 按钮用于鼠标所在段落的文字居中对齐;
 按钮用于鼠标所在段落的文字向右对齐;
 按钮用于鼠标所在段落的文字向两端分散对齐;
 用于增加和减少段首的文字缩进量;
 用于设置段落中文字的行距。

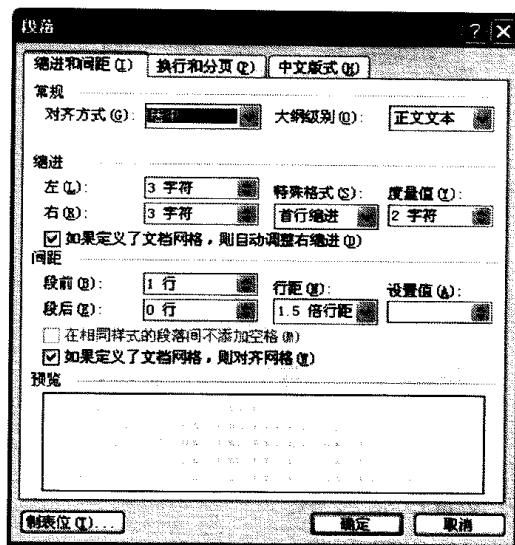


图 7.45 设置段落格式

3. 项目符号和编号设置

在句首输入类似“1.”、“(1)”、“一.”、“第一.”、“a)”等编号格式符号时,如果后跟一个以上的空格或者制表位,按回车键后,Word 就会自动对其进行编号列表。这是由 Word 的自动项目列表编号功能所保证的。此外,Word 还提供了自动多级编号功能。多级列表与项目符号或编号的列表相似,但多级列表中每段的项目或编号可以根据缩进范围而变化,其最多可以生成 9 个层的多级列表。

具体操作步骤如下:

(1) 单击“格式”→“项目符号和编号”菜单项,弹出“项目符号和编号”对话框,并选择“项目符号”选项卡,如图 7.46 所示。

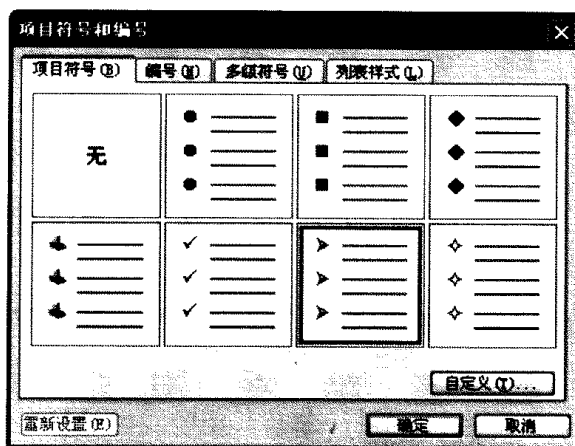


图 7.46 设置项目符号和编号

(2) 选中所需的列表格式后单击“确定”按钮,返回文档中。

(3) 键入列表项,每键入一项后按 Enter 键。

此外,用户还可以自定义项目编号前导符,比如用户可以选择用“*”作为项目编号的前

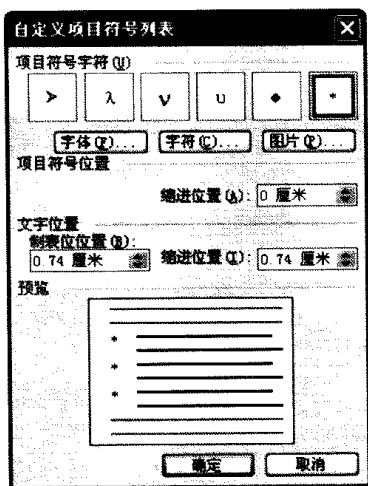


图 7.47 自定义项目符号列表

中可设置纸张大小。

(2) 页码设置

具体操作步骤如下：

① 单击“插入”→“页码”菜单项，弹出“页码”对话框，如图 7.49 所示。

② 在“首页显示页码”上打勾，“位置”下拉框选择页面底端，“对齐方式”下拉框选择右侧。

(3) 页眉和页脚设置

页眉打印在顶边上，而页脚打印在底边上。在文档中可自始至终用同一个页眉或页脚，也可在文档的不同部分用不同的页眉或页脚。

具体操作步骤如下：

① 单击“视图”→“页眉和页脚”菜单项，弹出“页眉和页脚”工具栏。

② 在页眉页脚中切换，可插入自动图文集内容按钮。

若要删除页眉和页脚，在“页眉和页脚”工具栏中选定页眉或页脚，然后按 Delete 键。

(4) 分栏设置

选择菜单“格式”→“分栏”命令，弹出如图 7.50 所示的“分栏”对话框。

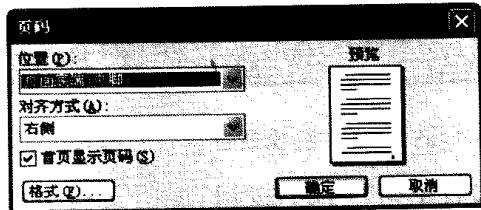


图 7.49 页码设置

导符号。图 7.47 显示了如何选择项目编号前导符号。

4. 版面设置

(1) 页面设置

在创建文档时 Word 文档预设了一个以 A4 纸为基准的 Normal 模板，其版面几乎可以适用于大部分文档。

具体操作步骤如下：

① 单击“文件”→“页面设置”菜单项，弹出“页面设置”对话框，如图 7.48 所示。

② 选择页边距选项卡，可设置上下左右边距和页眉页脚距边界位置和应用范围。纸张选项卡

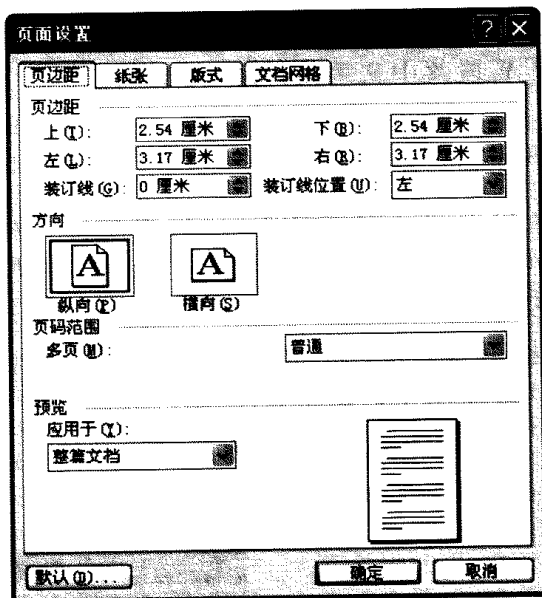


图 7.48 页面设置

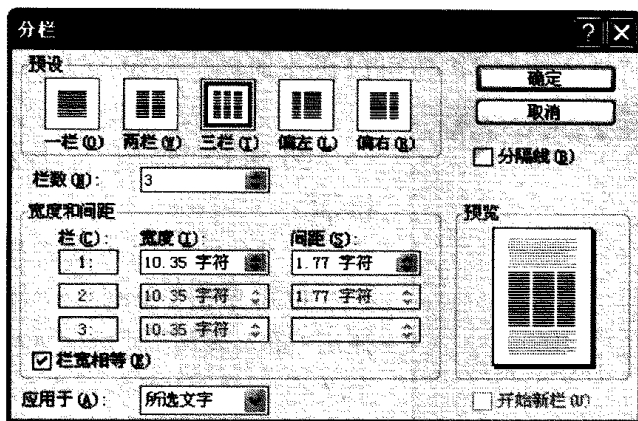


图 7.50 分栏设置

在“预设”区域中选择“分栏”的样式效果，在“预设”下面的栏数填入要分的栏数，要使所分的栏宽度相同，可选中“栏宽相等”复选框，并设置宽度和间距。“应用范围”下拉列表框中选择是要把分栏应用于“整篇文档”还是“插入点以后”，单击“确定”按钮完成操作。

提示：在页面视图下才能显示分栏，在普通视图下只显示一栏。在分栏时一定要先选中自己要分栏的文字，否则会出现不同的效果。

(5) 边框和底纹设置

页面边框是指某页四周的边框，可以为文档中每一页的任意一边或四周添加边框，也可以只为某节中的页面、第一页或除第一页以外的所有各页添加边框。有多种边框样式和颜色以及各种图形边框可供选择。还可以使用底纹来突出显示文字。操作方法是：首先选中要操作的段落或文字，单击“格式”→“边框和底纹”菜单项，弹出“边框和底纹”对话框，根据需要设置边框和底纹。

如图 7.51 的例子所示，给本节的首页设置一个蓝颜色、宽度为 3 磅的方框。

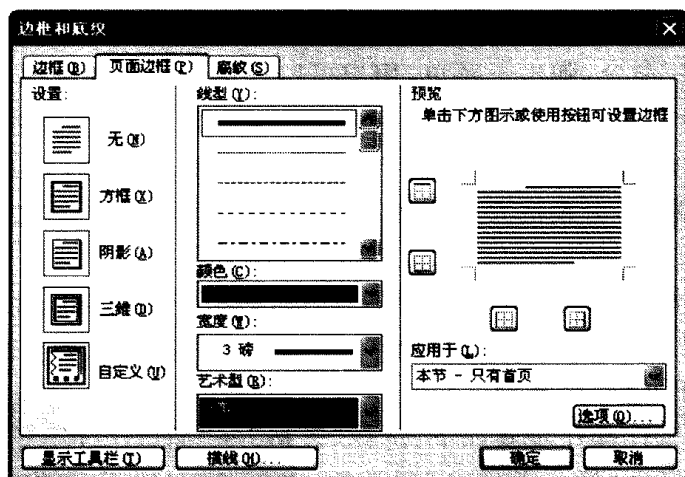


图 7.51 边框和底纹设置

7.2.4 表格制作和处理

表格由不同行列的单元格组成，可以在单元格中填写文字和插入图片。表格经常用于组织和显示信息，但是还有其他许多用途，如可以用表格按列对齐数字，然后对数字进行排序和计算。此外还可以用表格创建引人入胜的页面版式以及排列文本和图形。

1. 新表格的创建

通过使用工具栏中“插入表格”按钮可以快速地创建简单的表格,具体操作方法如下:

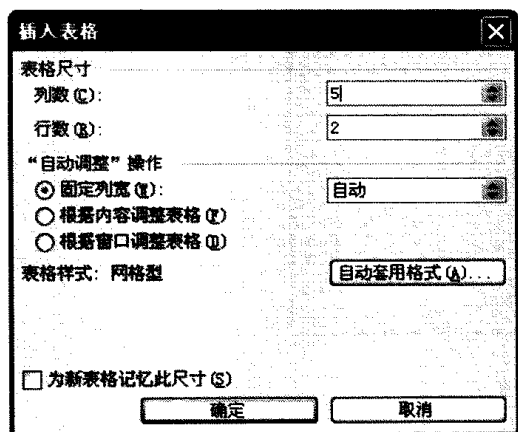



图 7.52 “插入表格”对话框

① 单击要创建表格的位置。

② 单击“常用”工具栏上的“插入表格”按钮.

③ 拖动鼠标,可选定所需的行、列数。

也可单击“表格”→“插入”→“表格”菜单项,弹出“插入表格”对话框如图 7.52 所示,创建了一个 2 行 5 列、且固定列宽的表格。



另外一种创建表格的方法是使用表格绘制功能。如图 7.53 所示的表格绘制工具栏,点击按钮就可以进入表格绘制工作状态,然后可以在文档中根据需要添加行、列。是擦除按钮,可以用来擦除表格线。



图 7.53 表格绘制工具栏

2. 表格的设置

(1) 表格格式的设置

① 表格自动套用格式。在表格中确定光标,“表格”→“表格自动套用格式”,选择表格样式,可以查看预览效果,然后确定所需样式。

② 表格边框和底纹的设置。在“表格和边框”工具栏中,可设置边框线型、颜色以及底纹颜色。

(2) 调整表格

① 利用“自动调整”命令调整行高或列宽的操作步骤如下:将插入点定位到表格中,选择“表格”→“自动调整”命令,弹出子菜单,用户可以选择合适的命令调整表格。可以根据内容调整表格、根据窗口调整表格,也可固定列宽或是平均分布各行(各列)。

② 利用鼠标调整行高和列宽的操作步骤如下:若要调整列宽,将光标放在列的左面成十字形虚线并拖动鼠标,整个表格大小不变,但相邻的两个列的宽度发生变化。此方法也可用于行高。

③ 精确调整行高和列宽的操作步骤如下:选择“表格”→“表格属性”命令,弹出“表格属性”对话框。在对话框中选择“行”或“列”选项卡,可设置行高度或列宽度。

(3) 插入或删除单元格、行和列

① 插入单元格的具体操作步骤如下:选择“表格”→“插入”→“单元格”命令,打开“插入单元格”对话框,如图 7.54 所示。

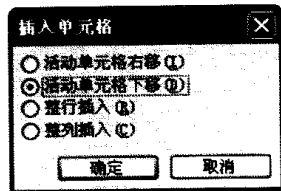


图 7.54 “插入单元格”对话框

在“插入单元格”对话框中,可以选择下列选项:活动单元格右移、活动单元格下移、整行插入、整列插入。单击“确定”按钮完成插入操作。

② 插入行或列的操作步骤如下:在表格中选定插入新行(列)的位置。选择“表格”→

“插入”命令,出现子菜单。根据需要在子菜单中选择具体的选项。列(在左侧):在选定列的左侧插入与选定的列相同数目的列。列(在右侧):在选定列的右侧插入与选定的列相同数目的列。行(在上方):在选定行的上方插入与选定的行相同数目的行。行(在下方):在选定行的下方插入与选定的行相同数目的行。单元格:弹出“插入单元格”对话框。

③ 删除单元格、行和列的操作步骤如下:选中要删除的单元格、行或列,选择“表格”→“删除”→“单元格”命令,打开“删除单元格”对话框。选择一个选项后单击“确定”按钮,即可完成删除操作。

(4) 拆分和合并单元格

在编辑表格的过程中,有时需要将一个单元格拆分成两个或多个单元格,或将多个单元格合并成一个单元格。

① 合并单元格的操作步骤如下:选择要合并的两个或多个单元格。选择“表格”→“合并单元格”命令,或单击“表格与边框”工具栏上的“合并单元格”按钮即可。

② 拆分单元格的操作步骤如下:选择要拆分的一个或多个单元格。选择“表格”→“拆分”命令,或单击工具栏上的“拆分单元格”按钮,打开“拆分单元格”对话框。在“列数”文本框中输入要拆分的列数,在“行数”文本框中输入要拆分的行数。单击“确定”按钮,完成拆分单元格的操作。

3. 对表格中数据的排序和计算

Word 还能对表格中的数据进行简单的计算和排序。

(1) 排序

① 将插入点定位在表格中。

② 选择“表格”→“排序”命令,打开“排序”对话框,如图 7.55 所示。

③ 在“列表”区域选择“有标题行”单选按钮。

④ 在“主要关键字”下拉框中选择表的某一列标题,在“类型”下拉框中选择“数字”或“文本”,并且选择“递增”或“递减”单选按钮;同时可以在“次要关键字”下拉框和“第三关键字”中选择表的另两列的标题,在“类型”下拉框中选择“数字”或“文本”,并且选择“递增”或“递减”单选按钮。

⑤ 单击“确定”按钮,就完成了排序操作。

(2) 计算

① 单击要放置计算结果的单元格。

② 单击“表格”→“公式”菜单项。

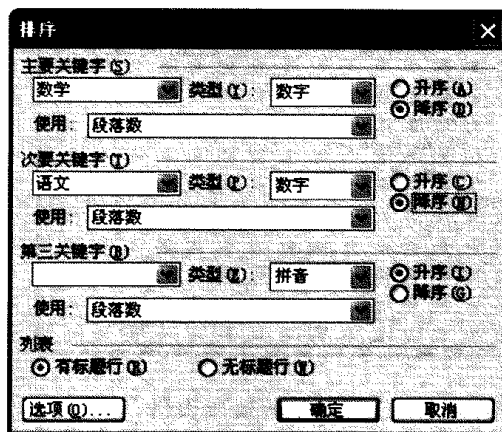


图 7.55 表格“排序”对话框

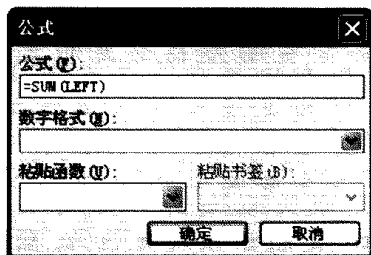


图 7.56 对表格进行计算

③ 如果 Word 提议的公式非您所需,请将其从“公式”框中删除。

④ 在“粘贴函数”框中,单击所需的公式。例如,要进行求和,请单击“SUM”。

⑤ 在公式的括号中键入单元格引用。例如图 7.56 所示,如果需要计算单元格 A1 和 A2 (第一行第二列)中数值的和,应建立这样的公式=SUM(a1,a2)。

⑥ 在“数字格式”框中输入数字的格式。例如,要以带小数点的百分比显示数据,请单击“0.00%”(见表 7.1)。

表 7.1 表格计算示例

13	20	33
25	45	70
38	65	103

除前面所提到的简单运算外,Word 还提供了其他运算。在公式对话框的“粘贴函数”的列表框中有全部的函数,例如:AVERAGE()计算一组数的平均值,COUNT()统计一组数中的个数等等。

4. 表格与文本之间的转换

Word 2003 中表格功能还具有文本与表格之间的转换功能,可以将排版完成的表格转变成正文,也可以将正文转换成表格。

(1) 文本转换成表格的操作步骤如下:

- ① 选中需要转换为表格的文本。
- ② 选择“表格”→“转换”→“文本转换成表格”命令,打开“将文字转换成表格”对话框,如图 7.57 所示。

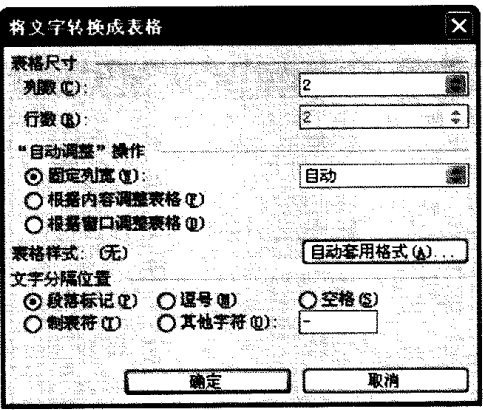


图 7.57 “将文字转换成表格”对话框

③ “列数”框中显示出正确的列数,用户也可以在“列数”文本框中输入或选择所需的列数。

④ 在“行数”文本框中显示的是表格中将要包含的行数。

⑤ 在自动调整操作区域中设置适当的列宽。

⑥ 在“文字分隔位置”区域中选择确定列的分隔符。

⑦ 单击“确定”按钮,完成文本到表格的转换。

(2) 表格转换成文本的操作步骤如下:

① 把光标插在表格的任意位置。

② 选择“表格”→“转换”→“表格转换成文本”命令,打开“表格转换成文本”对话框,如图 7.58 所示。

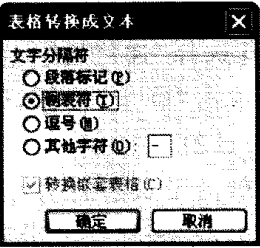


图 7.58 “表格转换成文本”对话框

③ 在对话框中选择一种分隔符,例如选择“制表符”单选按钮。

④ 单击“确定”按钮,表格中的内容将转化为普通文本内容,并使用“表格转换成文本”对话框中所选的分隔符分开。

7.2.5 图形、图片及文本框的处理

1. 图形的绘制与插入

Word 提供了强大的图形图像处理功能。用户可以在 Word 文档中插入剪贴画、图形图像文件、艺术字等。

(1) 绘制图形的操作方法

① 打开“绘图”工具栏。在 Word 中进行绘图时,必须将当前视图切换到页面视图下,绘制的图形只能是浮于文字上方,不能将其设成嵌入式图形。

② 在图 7.59 中选择要绘制的图形。此时鼠标指针变成“+”模样,在编辑区拖曳鼠标到所需要的图形大小即可。



图 7.59 “绘图”工具栏

提示 1:如果想画正方形和圆形,可以按着 Shift 键进行拖动。

提示 2:如果想把多个图形作为一个整体去看待,可以利用绘图的组合功能,还可以对图像进行简单地旋转等。

(2) 插入“剪贴画”

Word 2003 提供了一个功能强大的剪辑管理器。在剪辑管理器中的 Office 收藏集中收藏了系统自带的多种剪贴画,收藏集中的剪贴画是以主题为单位进行组织的。例如,当想使用 Word 2003 提供的与科学有关的剪贴画时可以选择科学主题。

在文档中插入剪贴画操作步骤如下:

① 单击要插入剪贴画的位置。

② 单击“绘图”工具栏中的“插入剪贴画”按钮,或者选择“插入”→“图片”→“剪贴画”命令,弹出“剪贴画”任务窗格。

③ 在“剪贴画”任务窗格“搜索文字”区域输入要插入剪贴画的主题,例如输入“运动”,单击“搜索”按钮,在“展开结果”列表框中列出了搜索到的结果,如图 7.60 所示。

④ 在搜索结果中单击搜索到的剪贴画,即可将剪贴画插入到文档中。

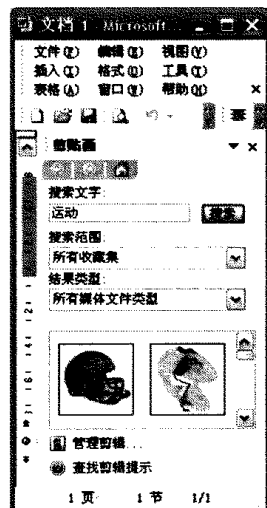


图 7.60 剪贴画搜索结果

(3) 插入图片文件

如果在文档中使用的图片来自自己知的文件,可以直接将其插入到文档中,其操作步骤如下:

① 单击要插入图片的位置。

② 单击“绘图”工具栏中的“插入图片”按钮,或者选择“插入”→“图片”→“来自文件”命令,弹出“插入图片”对话框,如图 7.61 所示。

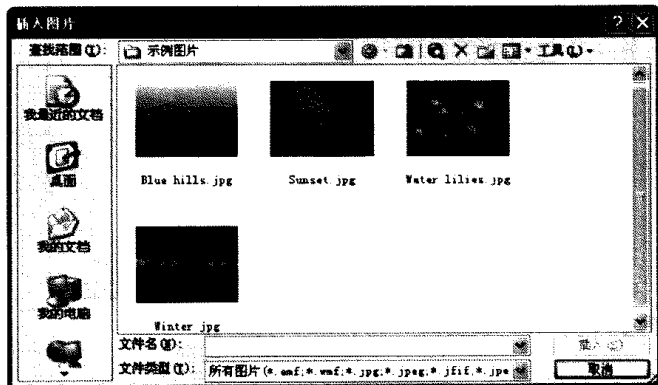


图 7.61 “插入图片”对话框

- ③ 在选定要插入的文件之后,单击位于“插入图片”对话框右下角的“插入”按钮。
- (4) 在文档中还可以插入更为复杂的对象(如复杂图表等)
- 要插入如图 7.62 所示的柱状图表,可以采用如下几步操作:

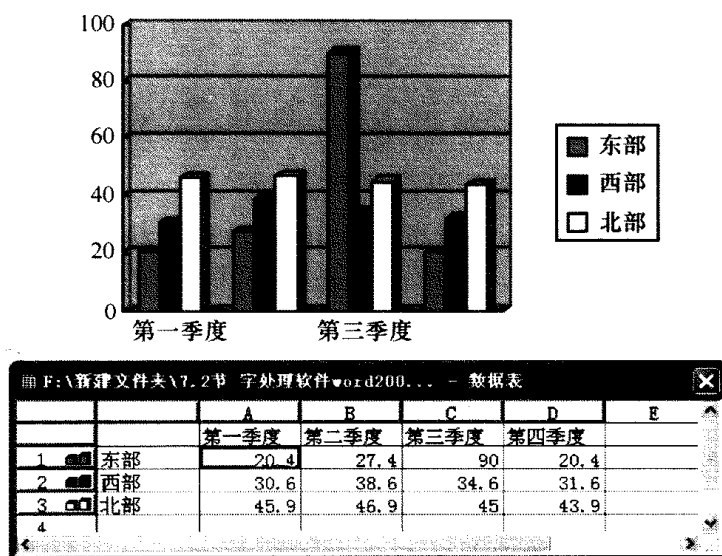


图 7.62 在 Word 文档中插入图表

- ① 单击要插入图表的位置。
- ② 单击“插入”→“图片”→“图表”菜单项。
- ③ 在表格中输入相关的数据。
- ④ 完成图表的插入。

2. 设置图片版式与图文混排

在排版中,经常需要对文档中的图片进行布局控制。这需要用到 Word 的图片设置功能,如图 7.63 所示,可以使用该功能对图片的颜色、线条、大小、版式等属性进行设置。设置图片版式的基本操作步骤是:

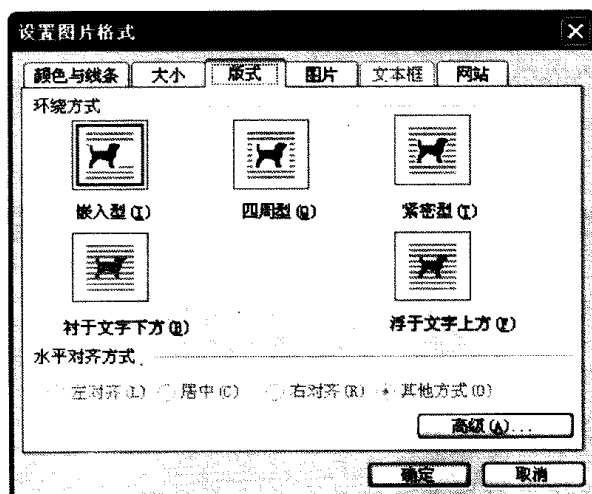


图 7.63 设置图片格式

- ① 选中图片,单击鼠标右键,在快捷菜单中单击“设置图片格式”命令或者双击图片。

② 弹出图片格式设置对话框(图 7.63)。

图片格式中一个非常重要的功能是设置“图片版式”。使用该功能可以对文档中的图文进行混排。图片的版式是指图片与文档中的文字的布局关系。通常插入的剪贴画或图片默认为嵌入式,既不能随意移动位置,也不能在其周围环绕文字。但我们可以重新设置图片的版式,使图片的周围可以环绕文字。具体步骤如下:

① 单击“版式”选项卡中“高级”按钮,弹出“高级版式”对话框,如图 7.64 所示。

② 选择所需要的版式。这些版式包括:四周型、紧密型、穿越型、上下型、衬于文字下方、浮于文字上方、嵌入式。

③ 单击“确定”按钮,完成版式设置。

3. 使用文本框

选择“插入”→“文本框”→“横排”或“竖排”命令,然后在编辑区拖曳鼠标到所需要的文本框大小即可。

插入文本框后,要对文本进一步的进行设置,除用鼠标拖动改变文本框的大小或位置外,还可利用快捷菜单里的设置文本框格式来操作。

用鼠标的右键单击文本框,在弹出的菜单中选择“设置文本框格式”对话框,如图 7.65 所示。

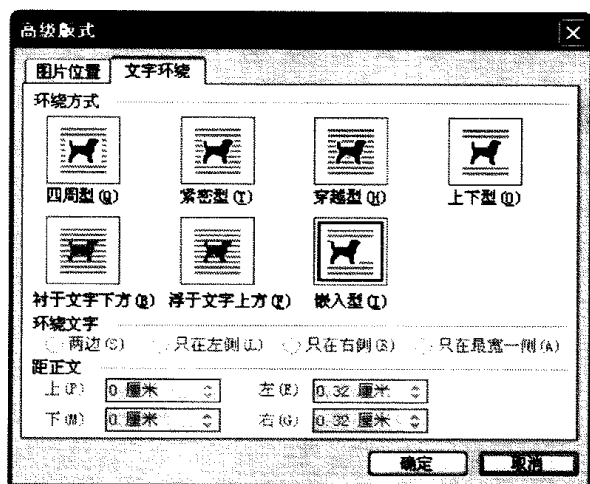


图 7.64 图片高级版式

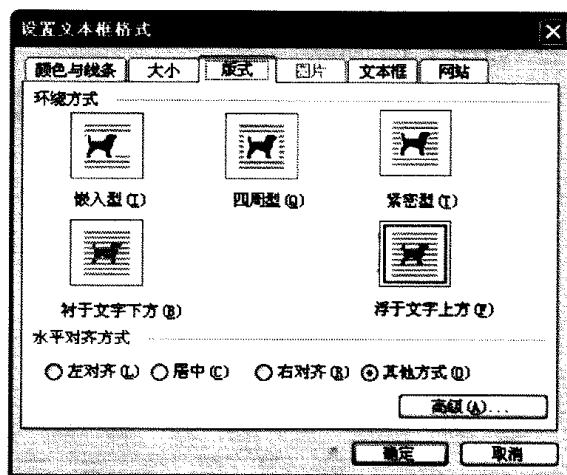


图 7.65 设置文本框格式


在对话框中,“颜色和线条”选项卡中设置文本框的填充颜色、文本框的边框颜色、粗细和线型等操作。在“大小”选项卡中设置文本框的大小及缩放比例。“文本框的版式”选项卡设置文本框外部文字和文本框的环绕方式。“文本框”选项卡中设置文本框内部的一些设置,如文字与边框的内部边距等,一般都是采取默认设置。

4. 设置特殊效果

在编辑文档时,为了使标题更加醒目、活泼,可以应用 Word 提供的艺术字功能来绘制特殊的文字。艺术字效果之一如下图所示。

艺术字效果

设置艺术字的操作步骤如下：

① 单击“绘图”工具栏上的“插入艺术字”按钮,或者选择“插入”→“图片”→“艺术字”命令,弹出“艺术字库”对话框,如图 7.66 所示。

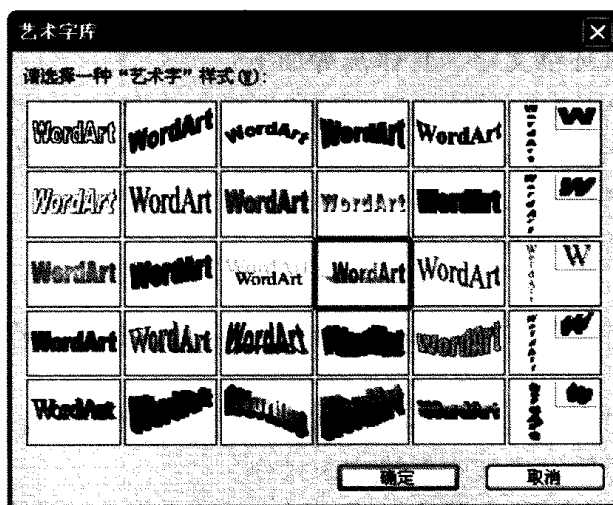


图 7.66 艺术字库

② 单击所需的艺术字图形对象类型,然后单击“确定”按钮,弹出编辑“艺术字”文字对话框,如图 7.67 所示。

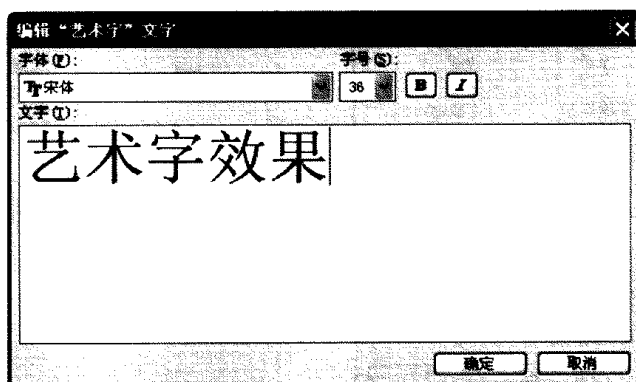


图 7.67 编辑“艺术字”文字

③ 在“编辑‘艺术字’文字”对话框中,键入要设置为“艺术字”格式的文字,选择所需的其他选项,单击“确定”按钮。

④ 用“绘图”工具栏和“插入艺术字”工具栏上的按钮,可以增加或改变文字的效果。此外,单击具有“艺术字”效果的文字,“艺术字”工具栏就会出现,如图 7.68 所示。



图 7.68 “艺术字”工具栏

7.3 电子表格软件 Excel 2003

Excel 2003 是微软公司推出的办公自动化软件 Office 2003 中的一个功能强大、使用方便、操作简单的电子表格处理软件。所谓电子表格,是指能在计算机上提供数据管理和运算

的应用程序,使用者可以在这个应用程序中输入数据和公式,并迅速产生计算结果。利用电子表格中的数据,还可以进一步产生各种统计、分析的报表或统计图表。Excel 2003 以其友好的工作界面、易学易用等特点,广泛应用于财务、行政、经济、金融、统计和审计等领域,也是目前市场上最流行的电子表格制作软件。

7.3.1 Excel 2003 的基本知识

1. Excel 2003 的启动和退出


(1) Excel 2003 的启动

启动 Excel 2003 有以下 3 种方式:

① “开始”菜单方式

选择“开始”→“所有程序”→“Microsoft Office Excel 2003”命令,即可启动 Excel 2003。

② 快捷方式

如果在桌面上创建了 Excel 的快捷方式,直接用鼠标左键双击 Excel 的快捷图标即可。

③ 直接打开一个已存在的 Excel 文件(扩展名为.xls)即可。

(2) Excel 2003 的退出

用户在使用完 Excel 之后,需要先退出 Excel,然后才可关机。退出中文版 Excel 2003 的方法有以下几种:

① 双击 Excel 2003 窗口标题栏左上角的图标即可退出 Excel 2003。

② 单击标题栏右侧的“关闭”按钮可退出 Excel 2003。

③ 同时按下 Alt+F4 组合键可退出 Excel 2003。

④ 选择“文件”→“退出”命令可退出 Excel 2003。

2. Excel 2003 的工作界面

启动 Excel 2003,并打开 Excel 2003 的工作界面,如图 7.69 所示。

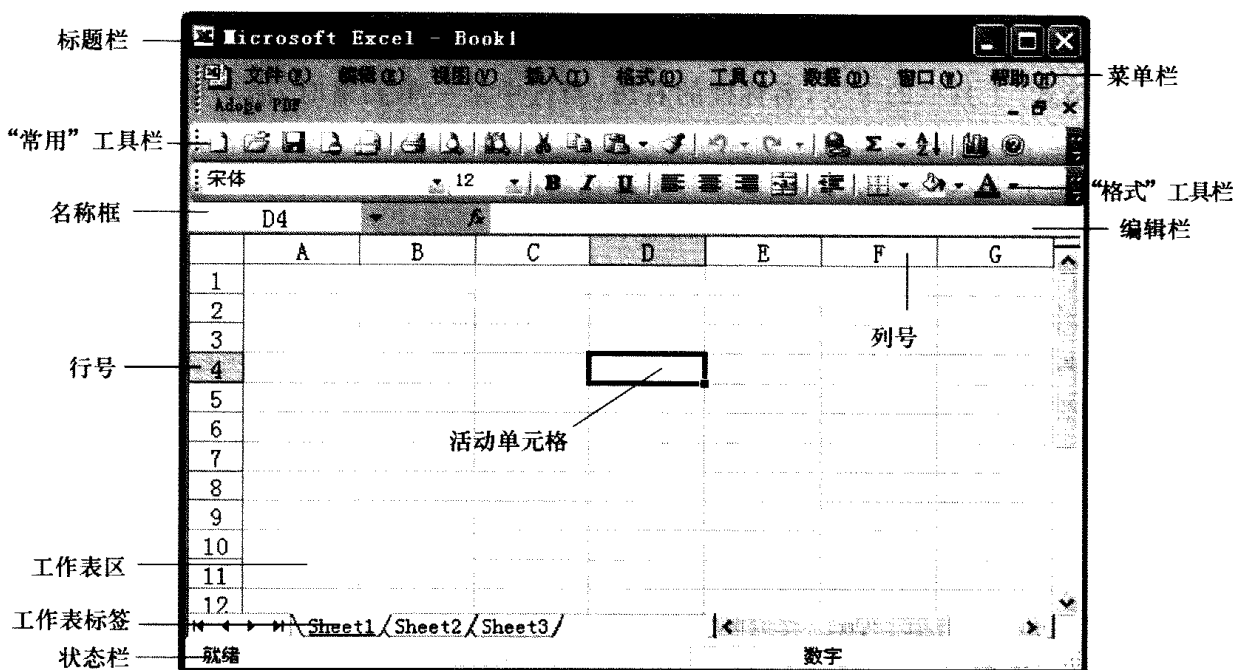


图 7.69 Excel 2003 工作界面

Excel 2003 工作界面除了具有与 Word 2003 相同的标题栏、菜单栏、工具栏等组成部分外,还具有其特有的组成部分。下面分别进行介绍。

(1) 工作簿

工作簿是指在 Excel 环境中用来存储并处理数据的文件。因为每个工作簿可以包含多张具有不同类型的工作表,因此可在一个文件中管理和组织多种类型的相关信息。在默认状态下,一个工作簿包含 3 个工作表文件,分别以 Sheet1, Sheet2 和 Sheet3 来命名。一个工作簿最多包含 255 个工作表。

(2) 工作表

工作表总是存储在工作簿中。是 Excel 进行一次完整作业的基本单位,用于存储和处理数据的主要文档,也称为电子表格。它能够存储包含字符串、数字、公式、图表、声音等丰富的信息或数据。工作表由排列成行或列的单元格组成,列号按英文字母排列,从 A~IV 共 256 列;行号按阿拉伯数字自然排列,由 1~65 536 共 65 536 行。

(3) 单元格

单元格存储在工作表中,工作表行与列相交所形成的矩形框称为单元格。用户可以向单元格中输入文字、数据、公式、日期等字符串信息,也可以对单元格进行各种格式的设置,例如字体、长度、宽度、对齐方式等。

任意一个单元格都有固定的地址称为单元格地址,单元格地址由列号和行号共同组成,如 B8,列号在前、行号在后。正在使用的单元格称为活动单元格,活动单元格的四周有粗线黑框。

(4) 单元格区域



单元格区域是一组被选中的相邻或不相邻的单元格。所选范围内的单元格都会以高亮显示,选中单元格区域后,即可对该区域内的所有单元格执行相同的操作。在工作表内部的所选单元格区域外单击鼠标即可取消单元格区域,取消时又恢复原样。

(5) 名称框

位于“格式”工具栏的下方,当选中某一单元格时,活动单元格的地址或所选单元格区域的名称显示在名称框中。

(6) 编辑栏

位于“格式”工具栏的下方,名称框的右边,当选中某一单元格时,活动单元格中输入或编辑的内容显示在编辑栏中。

在单元格中输入信息时,在名称框与编辑栏之间将会显示“取消”按钮和“输入”按钮,分别用于取消和确认输入或编辑的内容。

(7) 工作表标签

位于工作簿窗口的底部,在工作簿中用来标识不同的工作表,在其上面显示工作表的名称。当前活动的工作表标签名称有单下划线显示。如果工作簿中有多个工作表,可以通过单击工作表标签左边的 4 个箭头按钮显示工作簿中更多的工作表标签。

工作簿、工作表、单元格和单元格区域是 Excel 2003 的基本组成元素。

7.3.2 工作簿的基本操作

工作簿是以文件的方式存储的,因此对工作簿的操作实际上就是对文件的操作。下面介绍工作簿的创建、打开、保存、关闭等基本操作。

1. 创建工作簿


可以在 Excel 程序窗口中创建多个工作簿,创建工作簿通常有以下两种方法。

(1) 创建空白工作簿

① 利用菜单命令,创建工作簿

选择“文件”→“新建”命令,打开“新建工作簿”任务窗口,在“新建”选项组中单击“空白工作簿”超链接,如图 7.70 所示,创建空白工作簿。

② 利用“常用”工具栏按钮,创建工作簿

单击“常用”工具栏中的“新建”按钮,可快速新建一个工作簿。

(2) 创建基于模板的工作簿

利用菜单命令,创建基于模板的工作簿,具体步骤如下:

① 选择“文件”→“新建”命令,打开“新建工作簿”任务窗格,如图 7.70 所示。

② 在该任务窗格中的“模板”选区中单击“本机上的模板”超链接,弹出“模板”对话框,打开“电子方案表格”选项卡,如图 7.71 所示。

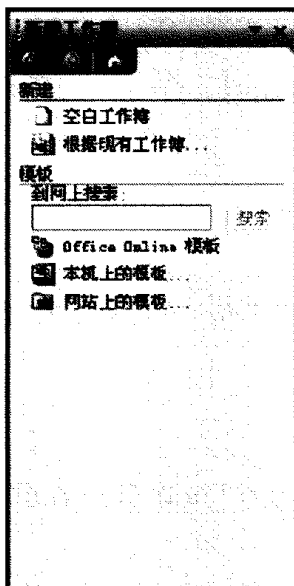


图 7.70 “新建工作簿”任务窗格

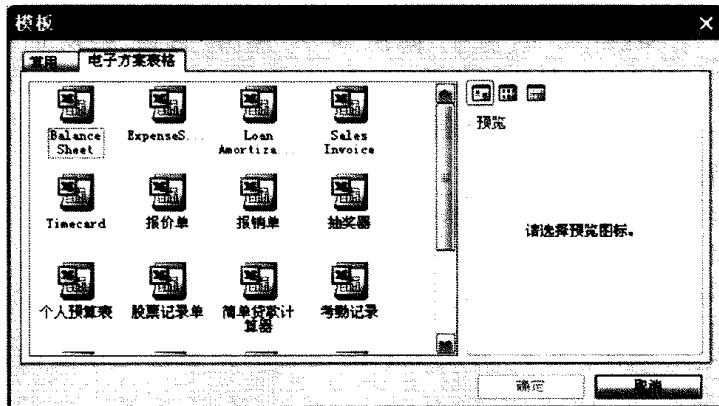


图 7.71 “电子方案表格”选项卡

③ 在该选项卡中选择需要的模板,单击“确定”按钮,或者直接双击所选中的模板图标,即可新建一张与模板样式相同的工作簿。

2. 打开工作簿

要打开一个工作簿,可以通过菜单命令、“常用”工具栏按钮和直接打开文件 3 种方式。

(1) 利用菜单命令打开工作簿

具体操作步骤如下:

① 选择“文件”→“打开”命令,弹出“打开”对话框。

② 在“查找范围”下拉列表中选择工作簿所在的位置,在列表框中选中要打开的工作簿。单击“打开”按钮,即可打开该工作簿。

(2) 利用“常用”工具栏按钮打开工作簿

具体操作步骤如下:

直接单击“常用”工具栏中的“打开”按钮,弹出“打开”对话框,在“查找范围”下拉列表中选择工作簿所在的位置,在列表框中选中要打开的工作簿。

(3) 利用直接打开文件打开工作簿

具体操作步骤如下：

找到要打开的工作簿文件，双击打开，或者单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择“打开”选项。

3. 关闭工作簿

编辑完一个工作簿文件后，需要将其关闭，具体操作步骤如下：

(1) 选择“文件”→“关闭”命令，即可关闭工作簿文件。如果该工作表在编辑之后没有保存，系统将弹出信息提示框。

(2) 在弹出的信息提示框单击“是(Y)”按钮，保存工作表；单击“否(N)”按钮，则不保存对工作簿所做的任何修改；单击“取消”按钮，则返回编辑状态。

4. 保存工作簿

在使用 Excel 2003 的过程中，保存工作簿是重要的一项工作。及时进行保存，可以避免计算机突然断电或者系统发生意外而非正常退出 Excel 时造成的数据丢失。另外对工作簿编辑完成之后，需要对其进行保存，以便于下次打开查看或继续编辑。保存工作簿分为保存新建工作簿和保存已有工作簿两种保存方式。

(1) 保存新建工作簿


① 选择“文件”→“保存”命令，弹出“另存为”对话框。

② 在“保存位置”下拉列表中选择工作簿的保存位置。

③ 在“文件名”下拉列表中输入要保存工作簿的名称，在“保存类型”下拉列表中选择保存类型。

④ 设置完成后，单击“保存”按钮，保存工作簿。

(2) 保存已有工作簿

如果活动工作簿已经被命名，可以单击“常用”工具栏中的“保存”按钮或者单击“文件”→“保存”命令，将用最新的内容来覆盖原工作簿的内容。

7.3.3 工作表的基本操作

在工作簿中，用户可以根据需要对工作表进行选中和插入操作，还可以为工作表设置具有实际意义的名称。

1. 选中工作表

工作表的选中包括单张工作表、相邻多张工作表、不相邻多张工作表的选中。

(1) 选中单张工作表

具体操作步骤如下：

在使用新建的工作簿时，最先显示的是 Sheet1 工作表，要选中其他的工作表，只需单击工作表标签，可以直接选中单张工作表。选定的当前工作表标签底色为白色，而非当前工作表标签底色为灰色，如选中“Sheet2”工作表，如图 7.72 所示。

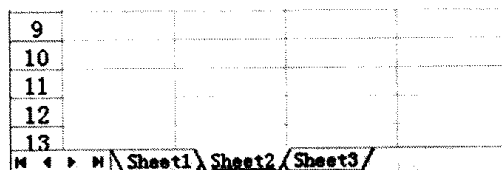


图 7.72 选中单张工作表

(2) 选中相邻的多张工作表

具体操作步骤如下：

- ① 选中第一张工作表的标签，如选中“Sheet1”工作表。
- ② 在按住 Shift 键的同时，单击最后一张工作表的标签，如“Sheet3”工作表，即可选中“Sheet1”、“Sheet2”、“Sheet3”3 张相邻的工作表，如图 7.73 所示。

释放 Shift 键即可取消选中相邻的多张工作表。

(3) 选中不相邻的多张工作表

具体操作步骤如下：

- ① 单击其中任意一张工作表的标签。
- ② 在按住 Ctrl 键的同时单击其他工作表标签，如选中“Sheet1”、“Sheet3”、“Sheet5”，如图 7.74 所示。

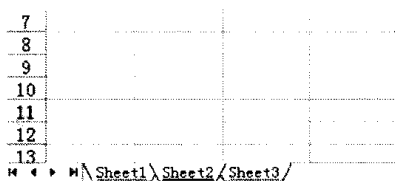


图 7.73 选中相邻的多张工作表

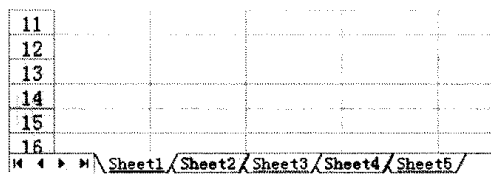


图 7.74 选中不相邻的多张工作表

2. 插入工作表

在默认情况下，一个工作簿包含有 3 张工作表，但在实际应用中，可以根据需要在工作簿中来插入工作表。

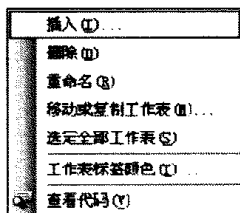


图 7.75 快捷菜单

(1) 插入一张工作表

具体操作步骤如下：

- ① 选定插入新工作表的位置。
- ② 单击鼠标右键，从弹出的快捷菜单中，如图 7.75 所示，选择“插入”命令，弹出“插入”对话框，如图 7.76 所示。

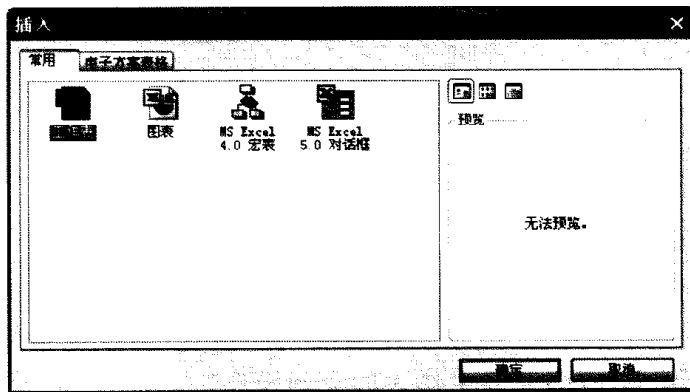


图 7.76 “插入”对话框

- ③ 在该对话框中选中“工作表”图标，单击“确定”按钮，即可在工作簿中插入一张工作表。

(2) 插入多张工作表

具体操作步骤如下：

按住 Shift 键,单击工作表标签,选定多个工作表标签,然后选择“插入”→“工作表”命令,即可在工作簿中插入与选定工作表标签数目相同的工作表。其中选中的多张工作表必须是连续的,并且插入的工作表位于所选的工作表的左侧。

3. 删除工作表

在实际工作中,有时需要删除一些没有用的工作表,可以通过菜单命令、鼠标方式删除工作表。

(1) 菜单命令方式

具体操作步骤如下：

选中要删除的工作表标签,选择“编辑”→“删除工作表”命令,弹出警告框,在警告框中单击按钮,即可删除该工作表。

(2) 鼠标方式

具体操作步骤如下：

选中要删除的工作表标签,单击鼠标右键,在弹出的快捷菜单中选择“删除”命令,即可删除工作表。

4. 重命名工作表

当一个工作簿中的工作表过多时,使用 Sheet1,Sheet2 这样的工作表名很难区分不同的工作表,就需要对工作表重新命名,常用鼠标实现对工作表的重命名,具体操作步骤如下：

(1) 双击工作表标签,此时标签名呈黑色背景显示。

(2) 直接输入新工作表名,如“成绩单”字样。

(3) 输入完成后按回车键,或单击工作表标签外的任何位置,完成重新命名工作表操作。

5. 移动或复制工作表

移动工作表是指改变工作表在工作簿中排列的位置,复制工作表则是指增加原工作表的副本。可以通过鼠标来快速移动和复制工作表。

(1) 移动工作表

具体操作步骤如下：

选中要移动的工作表标签,按住鼠标左键并拖动,此时工作表标签上方会出现一个黑色下三角箭头,提示工作表插入的位置,当鼠标指针变成形状,将指针拖动到该黑色下三角箭头处,即完成工作表的移动操作,如图 7.77 所示。



图 7.77 使用鼠标移动工作表

(2) 复制工作表

具体操作步骤如下：

选中要复制的工作表标签,按住 Ctrl 键,然后按住鼠标左键并拖动,此时工作表标签上方会出现一个黑色下三角箭头,提示工作表插入的位置,当鼠标指针变成形状,将指针拖动到该黑色下三角箭头处,即完成工作表的复制操作。

6. 隐藏和恢复工作表

(1) 隐藏工作表

隐藏工作表是将某些暂时不用的工作表隐藏起来,不显示在工作表标签栏中,不能对隐

藏的工作表进行任何编辑。具体操作步骤如下：

- ① 选定要隐藏的单个或多个工作表。
- ② 选择“格式”→“工作表”→“隐藏”命令，即可隐藏工作表。

注意：不能把一个工作簿中的所有工作表都隐藏，一个工作簿至少要有有一个工作表可见。

(2) 恢复工作表

恢复工作表是将隐藏的工作表显示出来，具体操作步骤如下：

选择“格式”→“工作表”→“取消隐藏”命令，弹出“取消隐藏”对话框，如图 7.78 所示。在该对话框中选择要取消隐藏的工作表，然后单击“确定”按钮，即可恢复隐藏的工作表。

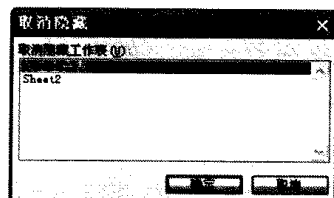


图 7.78 “取消隐藏”对话框

7.3.4 单元格的基本操作

编辑单元格主要包括对单元格进行选定、移动和复制、删除、设置单元格格式等操作。

1. 选定单元格

在对单元格进行编辑和修改之前，用户首先要选定单元格。

(1) 选定单个单元格

具体操作步骤如下：

直接用鼠标指针指向要选中的单元格，然后用鼠标单击即可选定。

(2) 选定多个单元格

多个单元格的选定操作包括：

① 连续的单元格区域的选定

直接拖动鼠标可以选定连续的单元格区域。

② 不连续的单元格区域的选定

按住 Ctrl 键的同时拖动鼠标可以选定不连续的单元格区域。

例如，图 7.79 为选定不连续的单元格区域。

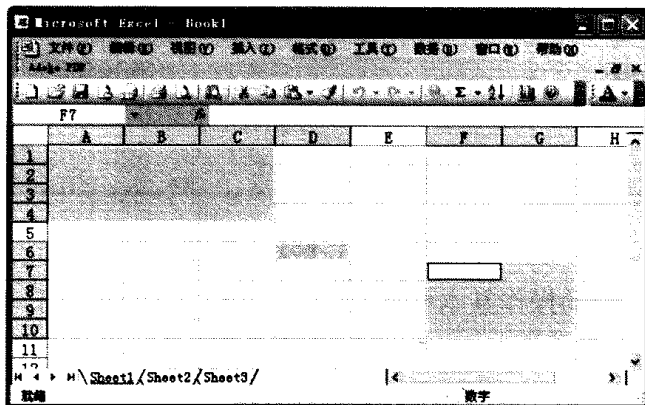


图 7.79 选定不连续的单元格区域

选定单元格区域后,工作表的“名称框”中只显示左上角单元格的名称。

③ 整个工作表的选定

单击工作表左上角的“全选”按钮可以选定整个工作表。

(3) 选定整行单元格

整行单元格的选定操作包括:

① 选定一整行单元格

移动鼠标到工作表左侧的行号处,当鼠标指针变成➡形状时,单击鼠标即可选定一整行单元格。

② 选定多个连续的行

按住鼠标左键,沿着行号拖动鼠标,即可选中连续的多行,如图 7.80 所示。

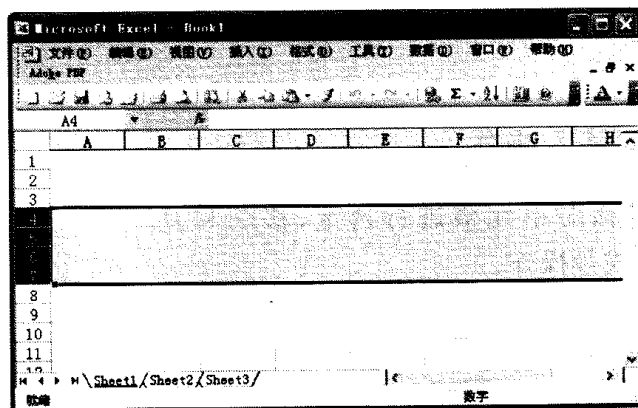


图 7.80 选定连续的多行

③ 选定不连续的多行

将鼠标放在工作表左侧的行号处,当鼠标指针变成➡形状时,按住 Ctrl 键,然后依次选中需要选定的行即可,如图 7.81 所示。

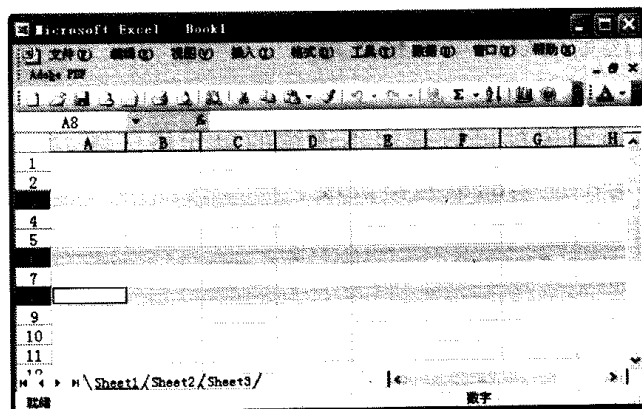


图 7.81 选定不连续的多行



选定列的操作与选定行的操作基本相同,当鼠标变成向下箭头⬇时,单击鼠标即可选定列。

2. 移动、复制和删除单元格

(1) 移动单元格

选定要移动的单元格或单元格区域,当鼠标变为↔形状时,拖动鼠标到目标位置,即可快速移动单元格。


(2) 复制单元格

选定要复制的单元格,单击“复制”按钮,然后将鼠标移动到要粘贴复制内容的单元格,单击“粘贴”按钮即可。

(3) 删除单元格

选定要删除的单元格后按 Delete 键,可删除单元格中的内容;在要删除的单元格上单击鼠标右键,从弹出的快捷菜单中选择“删除”命令,在弹出的“删除”对话框进行删除操作。删除单元格后,此单元格将从工作表中消失。

3. 在单元格中手动输入数据

完成工作簿的创建后,就可以在默认情况下选中的工作表(Sheet1)中输入数据。在 Excel 中输入的数据一般包括文本、数值、日期和时间。在单元格中输入数据时,应先选定一个单元格,然后在单元格中输入内容。输入完成后,按 Tab 键,Enter 键,箭头键或单击编辑栏左边的“输入”按钮确认输入的内容。如果要取消输入的内容,则可按 Esc 键或单击编辑栏左边的“取消”按钮。

常用类型的数据输入默认规定如下:

(1) 数值的输入

在 Excel 2003 中可作为数字使用的合法字符有“0~9”,“+”,“-”,“(”,“)”,“/”,“\$”,“%”,“.”,“E”,“e”。输入数字时,直接用键盘输入。

- ① 数值在单元格内右对齐。
- ② 数值过大会自动转为科学计数法;列宽不够会显示#号。
- ③ 负数前应带减号“-”,或将其置于括号“()”中;百分比数据直接输入。
- ④ 真分数前用 0 和空格引导;假分数则在整数和分数部分之间插入空格。

(2) 文本的输入

Excel 2003 中的文本是指字符、数字或者是字符与数字的组合。

- ① 文本在单元格内左对齐。
- ② 如果在单元格中要输入由数字字符串组成的文本,如身份证号码、电话号码,为了与系统的数值型数据区别,在输入这些字符时需要在其前面添加撇号“'”,否则输入的数字太长,Excel 在单元格中将以科学计数法显示。
- ③ 文本超过单元格宽度部分自动隐藏。要显示全部内容,则设置文字的自动换行功能,其方法如下:选择要设置换行的单元格,选择“格式”→“单元格”命令,在弹出的“单元格格式”对话框的“对齐”选项卡中选中“自动换行”复选框后确定。

(3) 日期和时间的输入

- ① 日期的年月日之间用“-”或“/”相分隔;时间的时分秒间用“:”相分隔;日期与时间之间用空格相分隔。
- ② 输入当前日期,按“Ctrl+;”;输入当前时间按“Ctrl+Shift+;”。

4. 在单元格中自动填充输入数据

可以通过自动填充功能在相邻的单元格中输入相同的数据,也可以输入顺序数据,这样可以大大提高工作效率。

(1) 在相邻单元格中输入相同的数据

具体操作步骤如下:

- ① 打开一个工作表,并在任意单元格中输入数据,如文本“计算机导论”,如图 7.82 所示。

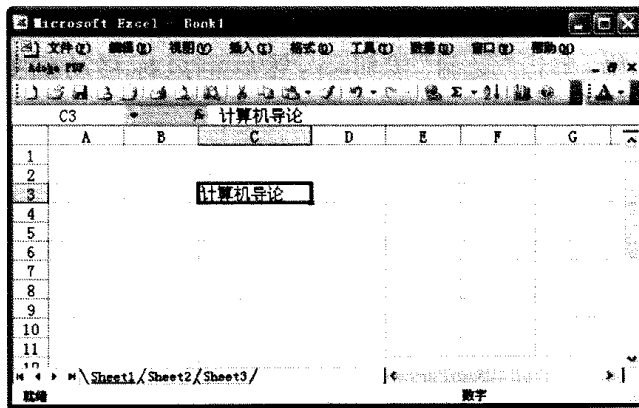


图 7.82 输入文本

② 选中该单元格,将鼠标指针放置单元格的右下角,当指针变成 \blacktriangle 形状时,按住鼠标左键并向下拖动,即可复制文本,如图 7.83 所示。

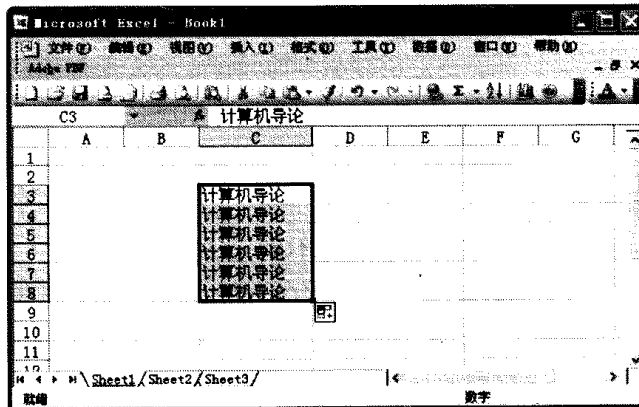


图 7.83 复制文本

(2) 在相邻单元格中输入顺序数据

具体操作步骤如下:

① 打开一个工作表,并在任意单元格中输入“星期一”,如图 7.84 所示。

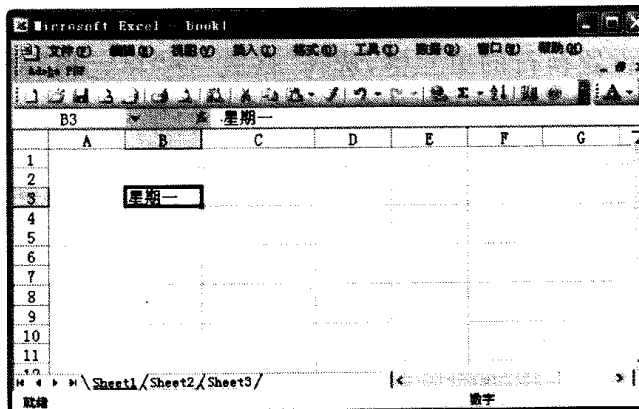


图 7.84 输入文本

② 选中该单元格,然后在其右下角按住鼠标左键并向下拖动,即可按顺序复制文本,如图 7.85 所示。

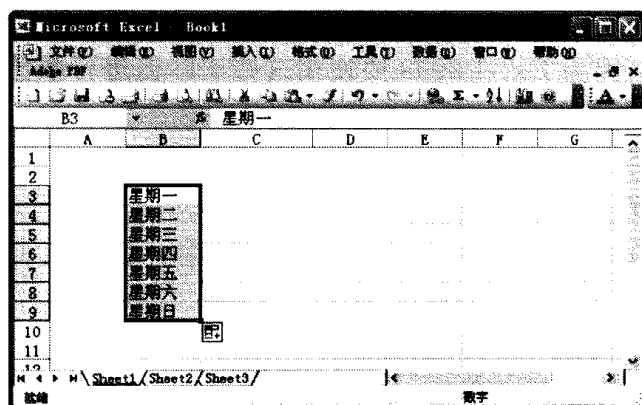


图 7.85 按顺序复制文本

(3) 在相邻单元格中输入顺序相加的数据

具体操作步骤如下：

- ① 打开一个工作表,并在任意单元格中输入数据,如数字“1”。
- ② 选中该单元格,按住 Ctrl 键,再按住鼠标左键并向下拖动,即可显示顺序相加的数据,如图 7.86 所示。

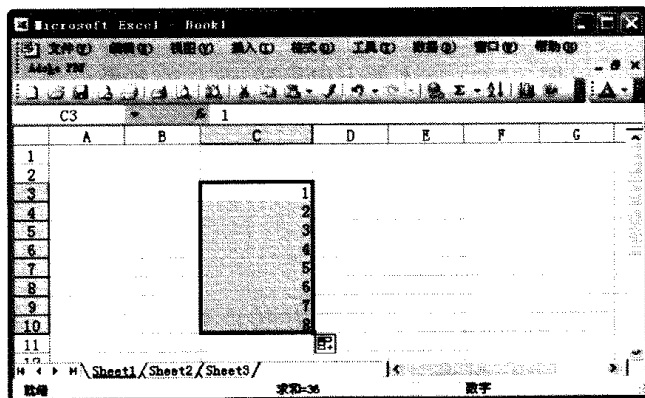


图 7.86 按顺序相加复制文本

5. 设置单元格格式

单元格格式的设置主要包括数字类型、对齐方式、字体、边框和图案等的设置。可以使用对话框或“格式”工具栏来实现这些设置。

在单元格中输入内容时,可以预设其格式,具体操作步骤如下：

- (1) 选定要设置格式的单元格。
- (2) 选择“格式”→“单元格”命令,或者单击鼠标右键,从弹出的快捷菜单中选择“设置单元格格式”命令,弹出“单元格格式”对话框,如图 7.87 所示。

(3) 在该对话框中可对单元格中的数字格式、对齐方式、字体、边框、图案等进行设置。下面简要介绍各选项卡的作用。

① 数字选项卡

在 Excel 2003 中,可以通过设置数字格式改变

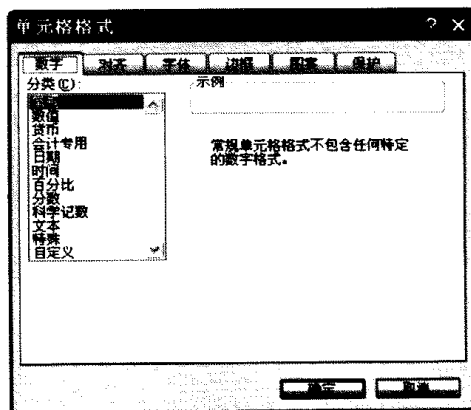


图 7.87 “单元格格式”对话框

其外观显示,而不改变数字本身。无论使用哪种数字格式都不会影响单元格中的实际数值,即显示在编辑栏中的值,因为 Excel 2003 要使用这些实际值进行数值计算。

② 对齐选项卡

对齐方式是指单元格内容相对于单元格的位置。如果要改变选定范围的对齐方式,也可使用“格式”工具栏中的各种对齐按钮进行操作。在选项卡中还可以设置文本、文字方向、文本控制(自动换行、缩小字体填充和合并单元格)等内容。如图 7.88 所示为设置文本的方向旋转 45°后的效果。

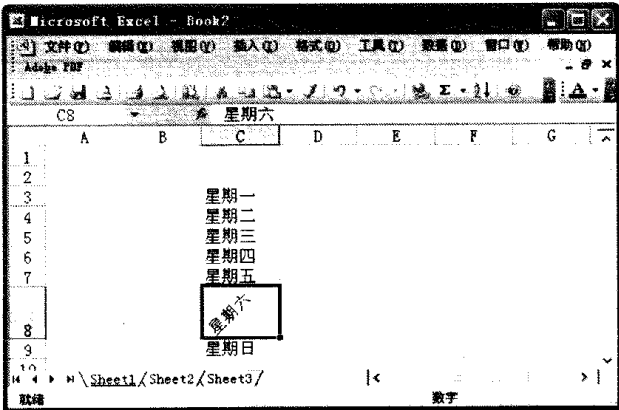


图 7.88 文本的方向旋转 45°后的效果

③ 字体选项卡

工作表中默认的文本字体为宋体,通过设置字体的大小、字形、颜色以及底纹等格式,可以突出显示单元格中的数据。

④ 边框选项卡和图案选项卡

在制作财务报表、统计图表时,设置表格的边框是非常有用的。设置表格的边框和图案可以进一步修饰工作表,使工作表看起来美观、漂亮。如果只是设置较简单的边框,也可以使用“格式”工具栏中的“边框”按钮。

设置完成后,单击“确定”按钮。如图 7.89 所示为设置边框后的工作表。

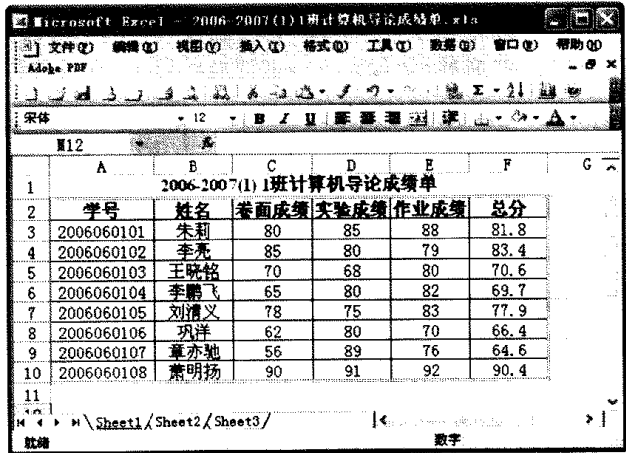


图 7.89 设置的格式

6. 调整行高和列宽

在编辑工作表的过程中,有时单元格数据过长,部分数据不能完全显示出来,需要对行高和列宽进行调整。具体操作步骤如下:

- (1) 选定要调整的行或列。
- (2) 选择“格式”→“行”→“行高”命令,弹出“行高”对话框,在该对话框中设置具体的行高数值。
- (3) 选择“格式”→“列”→“列宽”命令,弹出“列宽”对话框,在该对话框中设置具体的列宽数值。

7. 自动套用格式

Excel 2003 内置了大量的工作表格式,其中对表格的各组成部分定义了一些特定的格式。套用这些格式,既可以使工作表变得更加美观,又可以节省时间,提高工作效率。

使用自动套用格式的具体操作步骤如下:

- (1) 在工作表中选取要自动套用格式的单元格区域。
- (2) 选择“格式”→“自动套用格式”命令,弹出“自动套用格式”对话框,如图 7.90 所示。

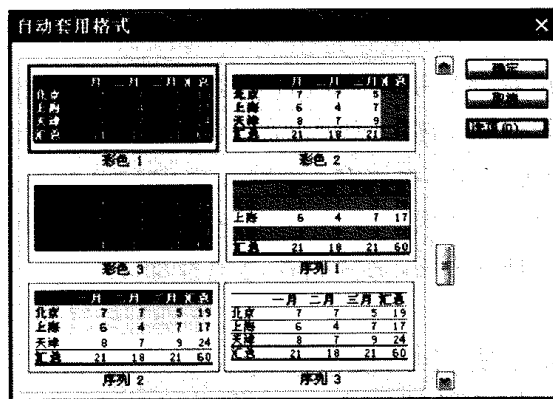


图 7.90 “自动套用格式”对话框

- (3) 选择用户需要的格式,如“序列 2”,单击“确定”按钮即可将该自动套用格式应用到所选定的单元格区域。图 7.91 所示为套用“序列 2”的效果图。

学号	姓名	卷面成绩	实验成绩	作业成绩	总分
2006060101	朱莉	80	85	88	81.8
2006060102	李亮	85	80	79	83.4
2006060103	王晓铭	70	68	80	70.6
2006060104	李鹏飞	65	80	82	69.7
2006060105	刘清义	78	75	83	77.9
2006060106	巩洋	62	80	70	66.4
2006060107	章亦驰	56	89	76	64.6
2006060108	萧明扬	90	91	92	90.4

图 7.91 自动套用格式效果

7.3.5 应用数据公式和函数

在 Excel 2003 电子表格中不但可以进行一般表格的处理,还可以进行数据的计算(计算是对公式求解并在包含公式的单元格中以数值方式显示计算结果的过程)。公式是在单元格中执行某些计算的方程式,可以生成新的值。公式是函数的基础,函数是 Excel 2003 提供的一些特殊的内置公式,它用一些符号代替了计算式,可以进行数学、文本、逻辑的运算或者查找工作表的信息。与直接使用公式进行计算相比较,使用函数进行计算的速度更快,并且可以减少错误的发生。

1. 引用单元格

当用户在 Excel 2003 中使用公式或函数进行计算时,几乎不可避免地需要使用单元格的引用。单元格引用分为 3 种:相对引用、绝对引用和混合引用。熟悉各种引用在公式或函数中复制的特点,会有效地提高公式或函数编辑的精确度。

(1) 相对引用

相对引用就是在输入公式时,对单元格数据地址的引用。

单元格相对地址的表示方法:<列号><行号>。例如,A1 表示第 A 列第 1 行,C6 表示第 C 列第 6 行。

在公式或函数中使用相对地址引用,复制过程中引用地址(值)随位置而变,并指向与当前公式地址位置相对应的其他单元格。例如,在 A3 单元格建立公式“=A1+A2”,当将 A3 单元格的内容复制到 B3 单元格时,存放在 B3 单元格中的公式变成了“=B1+B2”。依此类推,如果被复制到 C4 单元格中,公式则变成“=C2+C3”。即在公式复制时参与计算的单元格的相对地址将随着原公式所在的单元格的相对地址而变。

(2) 绝对引用

绝对引用是指某单元格的引用与公式所在的位置无关。

绝对地址的表示方法:\$<列号>\$<行号>。例如,\$A\$1 表示第 A 列第 1 行,\$C\$6 表示第 C 列第 6 行。

在公式或函数中使用绝对地址引用,复制过程中引用地址(值)保持不变。例如,在 A1 单元格中建立公式“=\$B\$1+\$D\$5”。无论将 A1 单元格的内容复制到哪个单元格,公式始终保持不变,即均为“=\$B\$1+\$D\$5”。

(3) 混合引用

如果一个公式或函数内既使用了相对引用,又使用了绝对引用,则称为混合引用。在使用混合引用时,一定要分清哪部分是相对引用,哪部分是绝对引用。例如“\$A1”表示列位置是绝对的,均为第 A 列,而行位置是相对的;“A\$1”则表示列位置是相对的,而行位置是绝对的,均为第 1 行。

在公式或函数中使用混合地址引用,复制过程中绝对引用地址(值)保持不变,相对引用地址(值)改变。例如在 A1 单元格中建立公式“=\$C1+D\$5”。将 A1 单元格的内容复制到 B3 单元格时,存放在 B3 单元格中的公式变成了“=\$C3+E\$5”。

2. 使用公式


公式是用来对数据进行计算与分析的等式,是单元格中的一系列值、单元格引用、名称或运算符的组合,可生成新的值,而且公式总是以等号(=)开始,用于表明之后的字符为公式。紧随等号之后的是需要进行计算的元素,即操作数,各操作数之间以运算符分隔。

(1) 输入公式

在单元格中输入公式的具体操作步骤如下：

① 选定要输入公式的单元格。

② 在编辑栏中输入“=”，并在“=”后输入公式内容。

③ 输入完毕后，单击编辑栏中的“输入”按钮, 或者按回车键完成公式的输入，此时，单元格的公式内容显示在编辑栏中，计算结果显示在单元格中，如图 7.92 所示的单元格 F3 即使用了公式。

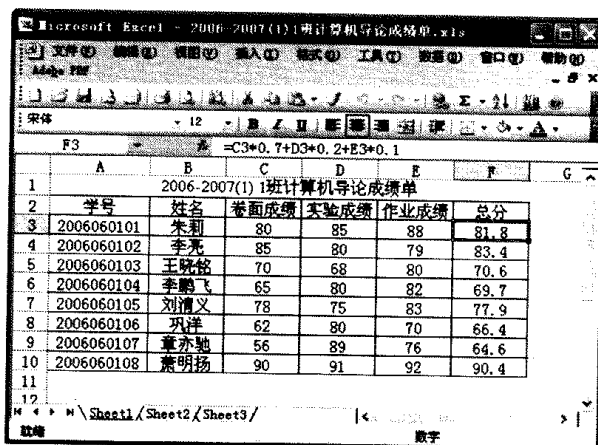


图 7.92 输入公式

(2) 公式中的运算符

Excel 2003 中包含 4 种类型的运算符：算术运算符、比较运算符、引用运算符和文本运算符。算术运算符如表 7.2 所示，主要用于完成基本的数学运算和产生数字结果等。

表 7.2 算术运算符

算术运算符	含义
+(加号)	加法运算
-(减号)	减法运算
*(星号)	乘法运算
/(斜线)	除法运算
%(百分号)	百分比
^(脱字符)	乘幂运算，例如 $4^3=4*4*4=64$
-(负号)	负数

比较运算符如表 7.3 所示，用于比较两个值，其结果是一个逻辑值，即 TRUE 或 FALSE。

表 7.3 比较运算符

比较运算符	含义
=(等号)	等于
>(大于号)	大于
>=(大于等于号)	大于等于
<(小于号)	小于
<=(小于等于号)	小于等于
<>(不等号)	不等于

引用运算符如表 7.4 所示,用于将单元格区域合并进行计算。

表 7.4 引用运算符

引用运算符	含义	示例
:(冒号)	区域运算符,对两个引用之间,包括两个引用在内的所有单元格进行引用。	A1:A6,对 A1 到 A6 所有的单元格进行引用。
,(逗号)	联合运算符,将多个引用合并为一个引用。	如(SUM(A1:A6,C2:C8))

文本串联符如表 7.5 所示,使用符号“&”加入或连接一个或更多字符串以产生一大片文本。

表 7.5 文本串联符

文本串联符	含义	示例
&	将两个文本值连接或串起来产生一个连续的文本值。	"North"&"wind"产生 "Northwind"

Excel 2003 将根据公式中运算符的特定顺序(运算符的优先级)从左到右计算。各种运算符的优先级从高到低,如表 7.6 所示。

表 7.6 运算符的优先级

运算符	含义
:(冒号)	区域运算符
,(逗号)	联合运算符
-(负号)	负数
% (百分号)	百分比
^	乘幂
*,/	乘、除
+, -	加、减
&	文本运算符
=, >, <, >=, <=, <>	比较运算符

(3) 公式中的运算对象

数组——用于建立可产生多个结果或可对存放在行和列中的一组参数进行运算的单个公式。在 Excel 2003 有两类数组:区域数组和常量数组。区域数组是一个矩形的单元格区域,该区域中的单元格共用一个公式;常量数组将一组给定的常量用作某个公式中的参数。

单元格引用——用于表示单元格在工作表所处位置的坐标值。例如,显示在第 B 列和第 3 行交叉处的单元格,其引用形式为“B3”。

常量——常量是直接键入到单元格或公式中的数字或文本值,或由名称所代表的数字或文本值。例如,日期 10/9/96、数字 210 和文本“计算机导论”等都是常量。公式或由公式得出的数值都不是常量。

(4) 复制公式

复制是将公式应用于其他单元格的操作,最常用的有以下几种方法:

① 拖动复制


操作方法是:选中存放公式的单元格,移动空心十字光标至单元格右下角。待光标变成

时,按住鼠标左键沿列(对行计算时)或行(对列计算时)拖动,至数据结尾完成公式的复制和计算。

② 输入复制

此法是在公式输入结束后立即完成公式的复制。操作方法为:选中需要使用该公式的所有单元格,输入公式,完成后按住 Ctrl 键并按回车键,该公式就被复制到已选中的所有单元格。


③ 选择性粘贴

操作方法是:选中存放公式的单元格,单击 Excel 工具栏中的“复制”按钮。然后选中需要使用该公式的单元格,在选中区域内单击鼠标右键,选择快捷菜单中的“选择性粘贴”命令。打开“选择性粘贴”对话框,如图 7.93 所示,选中“粘贴”命令,单击“确定”按钮,公式就被复制到已选中的单元格。

(5) 修改公式

选定要修改公式所在的单元格,此时该单元格处于编辑状态,然后在编辑栏中对公式进行修改,修改完后,按回车键确认。

(6) 移动公式

选定要移动公式所在的单元格,当鼠标变为形状时,按住鼠标左键拖至目标单元格,释放鼠标即可。

3. 使用函数

在进行复杂运算时,要尽可能使用 Excel 2003 系统提供的内部函数,而不要使用自己编写的公式,这样工作表占用的内存较小,系统运行速度较快,并且可以提高工作效率和减少错误。

(1) 函数的结构

函数与公式一样,其结构也是以等号“=”开始,后面是函数名称和左括号,然后以逗号分隔输入参数,最后输入右括号。

① 函数名称

如果要查看可用函数的列表,可以选中一个单元格并按组合键 Shift+F3,从弹出的对话框中查看函数,如图 7.94 所示。

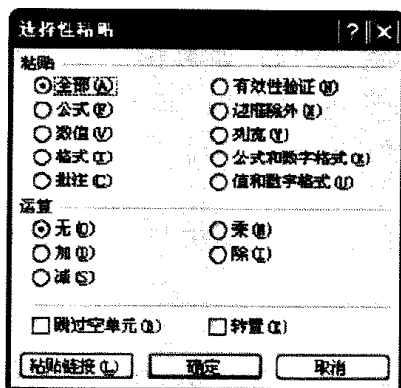


图 7.93 “选择性粘贴”对话框

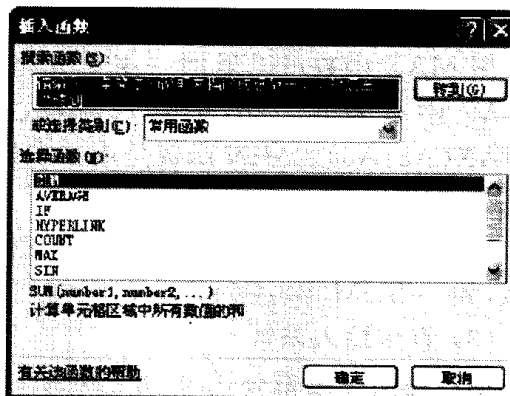


图 7.94 “插入函数”对话框

② 参数

参数可以是文本、数字、逻辑值(TRUE 或 FALSE)、数组、错误值(例如 #N/A)或单元

格引用。参数也可以是数组、单元格引用、常量等。

③ 参数工具栏

在输入函数时,会出现带有语法和参数的工具提示,例如输入函数“=AVERAGE(”时,参数工具栏就会出现,如图 7.95 所示。

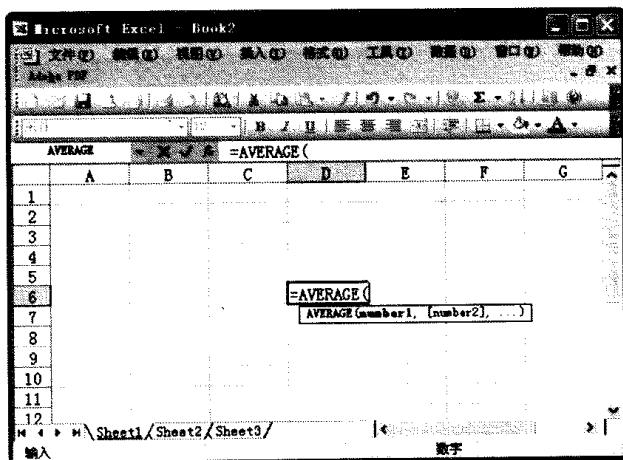


图 7.95 参数工具栏

④ 输入公式

如果要创建含有函数的公式,对话框将有助于用户输入工作表函数。在公式中输入函数时,对话框不仅可以显示出函数的名称、各个参数,还可以显示出函数的功能和参数说明、函数的当前结果和整个公式的当前结果。

(2) 常用函数

以下 4 个函数最常用也最有用:求平均值、求最大值、求最小值以及求和。

① AVERAGE 函数

平均数是指若干单元所含数据的算术平均值。例如在某单元输入公式=AVERAGE(B1:C6),该公式将计算[B1:C6]这一区域数据的平均值,并把结果填入当前单元。也可以对一组非相邻单元格中的数据集合使用该函数,如=AVERAGE(A1,B6,D8)。另外,也可以计算具体数据的平均值,如=AVERAGE(12,89,126)。

② MAX 和 MIN 函数

用 MAX 函数可以返回一组单元格中最大数字的值。例如,如果在一个单元格区域 A2:A6 中有数值 228, 628, 72, 872, 189, 用 MAX 来求最大值,可以得到 872。如=MAX(A2:A6)。MIN 函数是用来求最小值的,如=MIN(A2:A6)。

③ SUM 函数

SUM 函数计算出所有引用单元格相加所得的总计值。格式用法与 AVERAGE 函数类似,如=SUM(B1:C6)。

(3) 直接输入函数

用户在实际编辑公式时,如果对所用的函数十分熟悉,可以直接输入函数。具体操作步骤如下:

- ① 在单元格或编辑栏中输入一个等号“=”。
- ② 在“=”右侧输入函数本身,例如输入“SUM(C3:C12)”。
- ③ 输入完后,按回车键确认即可。

(4) 插入函数

对于参数较多或者比较复杂的函数,可以采用插入函数来输入,避免在直接输入函数过程中产生错误。具体操作步骤如下:

① 选定要输入函数的单元格。

② 选择“插入”→“fx 函数”命令,弹出“插入函数”对话框,如图 7.96 所示。

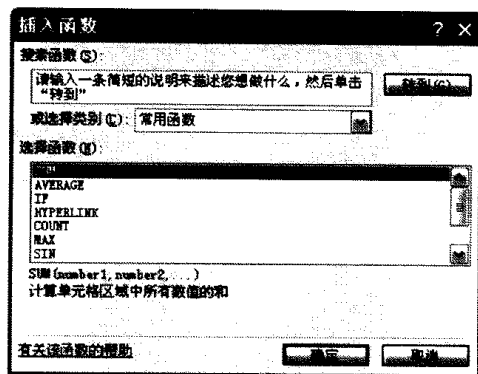


图 7.96 “插入函数”对话框

③ 在“或选择类别”下拉列表中选择所需函数的类别,然后在“选择函数”列表框中选择所需的函数。

④ 单击“确定”按钮,弹出“函数参数”对话框,如图 7.97 所示。

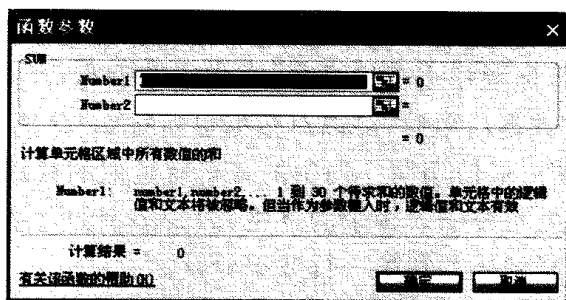



图 7.97 “函数参数”对话框

⑤ 在该对话框中设置函数参数,单击“确定”按钮,完成函数的输入。



4. 自动求和

在数据处理工作中,经常需要进行求和操作。Excel 2003 提供了一个自动求和函数,可以快速完成这项操作。具体操作步骤如下:

(1) 当对一行或一列数据进行求和时,首先要在该行的右边或该列的下方选定一个空白单元格。

(2) 单击“常用”工具栏中的“自动求和”按钮 , Excel 将自动出现求和函数 SUM 以及求和数据区域,如图 7.98 所示。自动求和按钮实际上代表了工作表函数中的“SUM()”函数。

(3) 如果所选数据区域并不是所要计算的区域,可重新选择计算区域,然后按回车键,即可得到计算结果。

在 Excel 2003 中,自动求和已经被扩充为包含了大部分常用函数的下拉列表。单击“自动求和”按钮  右侧的下三角按钮 , 弹出其下拉列表,用户可在该下拉列表中选择相应的函数。

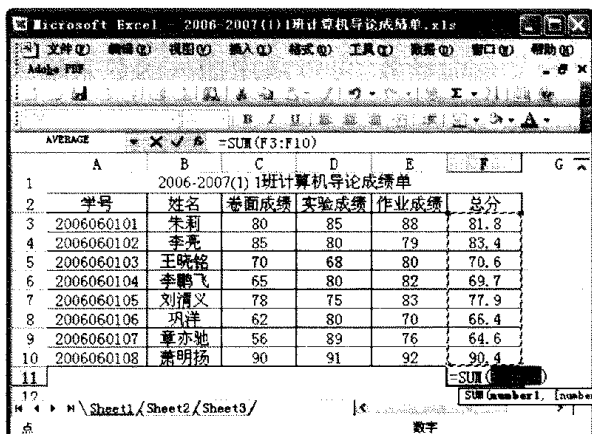


图 7.98 计算自动求和

7.3.6 数据的管理

Excel 2003 与其他的数据管理软件一样,在数据排序、筛选、分类汇总以及数据的合并等方面具有较强的管理和分析功能。它不仅可以通过数据清单来增加、删除、移动等操作来管理数据,而且能够对数据清单进行排序、筛选、汇总和分级显示。

1. 建立数据清单

所谓数据清单,就是包含有关数据的一系列工作表数据行。在 Excel 中,数据清单可以像数据库一样使用,具备数据库的多种管理功能,是 Excel 中常用的工具。数据清单中的行相当于数据库中的记录,行标题相当于记录名;列相当于数据库中的字段,列标题相当于数据库中的字段名称。建立数据清单后,可以对数据进行排序、筛选、分类总汇等操作。

- (1) 在设计数据清单时,应使用同一列中的各行有近似的数项。
- (2) 在单元格的开始处不要插入多余的空格,因为多余的空格影响排序和查找。
- (3) 不要使用空白行将列标题和第一行数据分开。

数据清单至少要有一行文字作为标题行,在标题选择行的下面是连续的表格数据区,这是数据清单与普通表格的不同之处。使用数据清单,可以方便地实现数据添加、删除、排序、筛选、分类汇总以及一些分析操作,如图 7.99 所示,单元格区域 A2:F10 就是一个典型的数据清单。其中,数据清单的第一行为字段名称,每一列均为字段,而每一行均为记录。

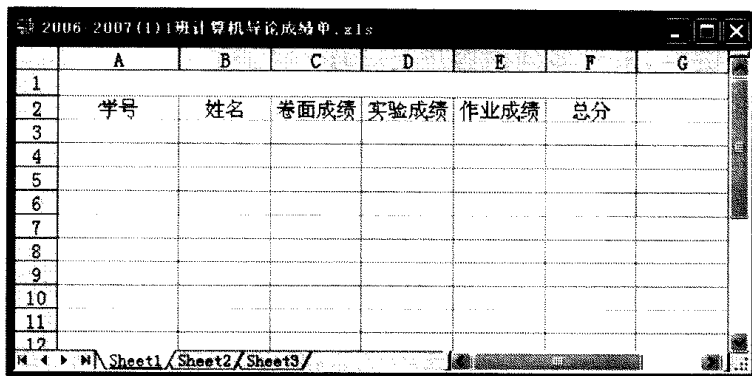
学号	姓名	卷面成绩	实验成绩	作业成绩	总分
2006060101	朱莉	80	85	88	81.8
2006060102	李亮	85	80	79	83.4
2006060103	王晓铭	70	68	80	70.6
2006060104	李鹏飞	65	80	82	69.7
2006060105	刘清义	78	75	83	77.9
2006060106	巩洋	62	80	70	66.4
2006060107	章亦弛	56	89	76	64.6
2006060108	萧明扬	90	91	92	90.4

图 7.99 数据清单

在工作表中创建数据清单,具体操作步骤如下:

(1) 选定当前工作簿中的某个工作表用于创建数据清单。

(2) 在要创建数据清单的单元格区域的第一行,输入列标题,例如在第二行开始创建数据清单,则在第二行输入列标题,图 7.100 所示。

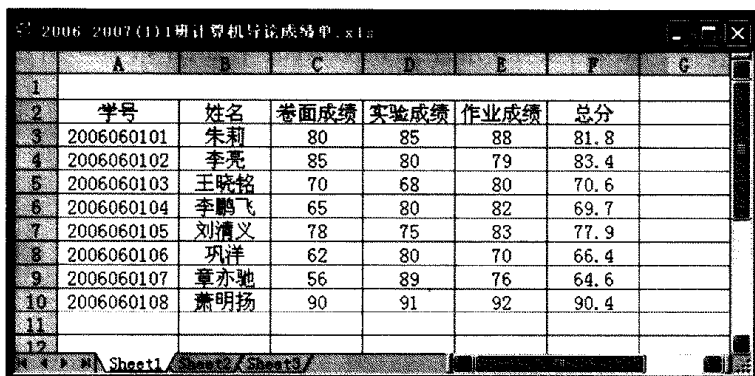


The screenshot shows an Excel spreadsheet titled '2006-2007(1)1班计算机导论成绩单.xls'. The first row (row 1) contains column headers A through G. The second row (row 2) contains the following column titles: '学号' (Student ID), '姓名' (Name), '卷面成绩' (Exam Score), '实验成绩' (Experiment Score), '作业成绩' (Assignment Score), and '总分' (Total Score). Rows 3 through 12 are empty.

	A	B	C	D	E	F	G
1							
2	学号	姓名	卷面成绩	实验成绩	作业成绩	总分	
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							

图 7.100 输入列标题

(3) 在对应的列标题下方的单元格中输入相应的信息,一个数据清单就创建完成了,如图 7.101 所示。



The screenshot shows the same Excel spreadsheet as Figure 7.100, but now with data entered in rows 3 through 10. The data is as follows:

	A	B	C	D	E	F	G
1							
2	学号	姓名	卷面成绩	实验成绩	作业成绩	总分	
3	2006060101	朱莉	80	85	88	81.8	
4	2006060102	李亮	85	80	79	83.4	
5	2006060103	王晓铭	70	68	80	70.6	
6	2006060104	李鹏飞	65	80	82	69.7	
7	2006060105	刘清义	78	75	83	77.9	
8	2006060106	冯洋	62	80	70	66.4	
9	2006060107	章亦驰	56	89	76	64.6	
10	2006060108	萧明扬	90	91	92	90.4	
11							
12							

图 7.101 数据清单

(4) 设置标题名称和字段名称的表格边框、字体格式等,然后保存数据清单,如图 7.100 所示。

2. 数据的排序

数据的排序是指按一定规则对数据进行整理、排列,它包括普通排序和自定义排序两种。普通排序即对数据进行升序或降序排列,而自定义排序则是对一些特殊的字段进行排序。



(1) 普通排序

在普通排序时,Excel 中默认的排序规则包括以下几点:

- ① 数字:从最小的负数到最大的正数进行排序。
- ② 按字母先后顺序排序:在按字母先后顺序对文本项进行顺序排序时,从字母 A 到 Z 排序。
- ③ 汉字:按照汉语拼音各个字母从左到右进行字母排序。
- ④ 逻辑值:如果按照升序排序,FALSE 排在前面,TRUE 排在后面。

⑤ 空格:始终排在最后。

⑥ 对于文本、数字和字母混合:Excel 将从左到右一个字符一个字符地进行比较,例如 M1,N1,N2,N3 就是按升序排列出来的顺序。

在 Excel 2003 中,用户可以直接单击“常用”工具栏中的“升序排序”按钮或“降序排序”按钮,按照单列的内容对数据清单进行排序,还可以使用菜单命令,在对话框中设置次要关键字和第三关键字,来对多列内容进行排序。

对数据清单排序的具体操作步骤如下:

① 选定需要进行排序的数据清单中的任一单元格或区域。

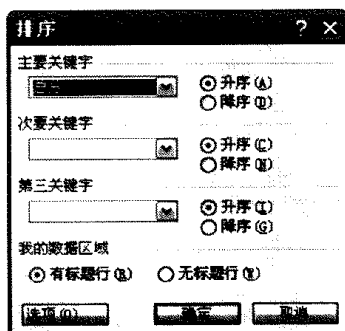


图 7.102 “排序”对话框

② 选择“数据”→“排序”命令,弹出“排序”对话框,如图 7.102 所示。

③ 在“主要关键字”下拉列表中选择“卷面成绩”选项,并在其后选中“递增”单选按钮,用户还可以根据需要对“次要关键字”和“第三关键字”进行设置。

④ 在“我的数据区域”选区中选中“有标题行”单选按钮,表示排序后的数据清单保留字段名行;选中“无标题行”单选按钮,表示排序后的数据清单删除了原来的字段名行。

⑤ 设置完成后,单击“确定”按钮,排序后的数据清单如图 7.103 所示。

	A	B	C	D	E	F	G
1							
2	学号	姓名	卷面成绩	实验成绩	作业成绩	总分	
3	2006060107	章亦驰	56	89	76	64.6	
4	2006060106	巩洋	62	80	70	66.4	
5	2006060104	李鹏飞	65	80	82	69.7	
6	2006060103	王晓铭	70	68	80	70.6	
7	2006060105	刘清义	78	75	83	77.9	
8	2006060101	朱莉	80	85	88	81.8	
9	2006060102	李亮	85	80	79	83.4	
10	2006060108	萧明扬	90	91	92	90.4	
11							
12							

图 7.103 排序结果

对数据清单排序以记录为单位,即排序前后处于同一行的数据记录不会改变,改变的只是行的顺序。如果遇到记录数据相同的情况,Excel 将按这些记录在未排序表格中存放的先后顺序排列数据。

(2) 自定义排序

Excel 2003 的默认状态是按照字母顺序对数据清单进行排序的,但有些特殊字段,例如星期、年份、学历、籍贯等,如果按照普通排序不能得到正确结果时,就需要进行自定义排序,具体操作步骤如下:

① 在单元格中,按照要创建的排序次序输入主要关键字。

② 选择“工具”→“选项”命令,弹出“选项”对话框,打开选项“自定义序列”卡,如图 7.104 所示。

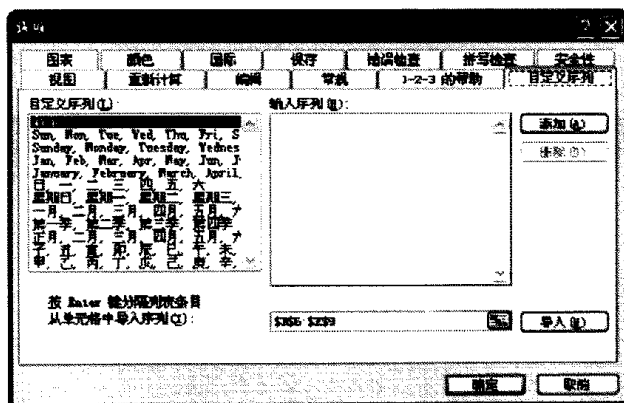


图 7.104 “自定义序列”选项卡

③ 在该选项卡中单击“导入”按钮，弹出“导入自定义序列”对话框。

④ 在该对话框中进行相应的设置，单击“确定”按钮，将选定的自定义排序次序自动导入“自定义序列”列表框中，单击“确定”按钮。

⑤ 选择“数据”→“排序”命令，在弹出的“排序”对话框中单击按钮“选项”，弹出“排序选项”对话框，如图 7.105 所示。

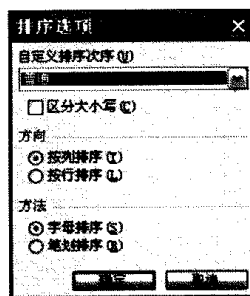


图 7.105 “排序选项”对话框

⑥ 在该对话框中的“自定义排序次序”下拉列表中选择所需的自定义顺序，并设置对话框中的其他参数，单击“确定”按钮即可开始排序。


3. 数据的筛选

筛选即是从数据中找出满足给定条件的数据。经过筛选后的数据清单只显示包含指定条件的数据行，以供用户浏览和分析，并将不满足指定条件的数据进行隐藏。在选择自动筛选命令之前，必须确定数据清单中有标题行，即字段名称，否则不能顺利进行自动筛选。与排序不同，筛选并不重排区域，筛选只是暂时隐藏不必显示的数据行。

Excel 2003 提供了自动筛选和高级筛选两种筛选数据的方法。


(1) 自动筛选

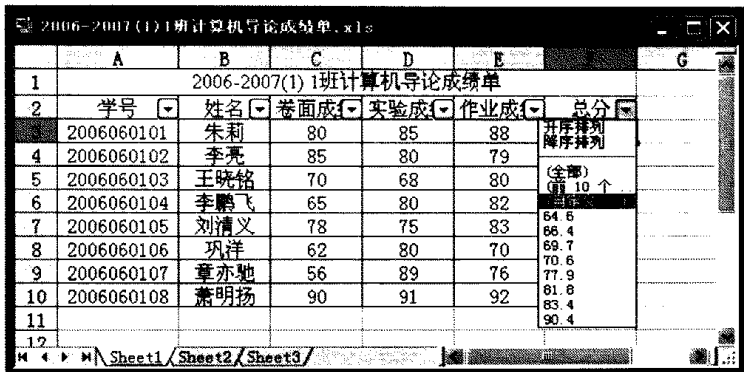
具体操作步骤如下：

- ① 单击数据清单中的任意一个单元格。
- ② 选择“数据”→“筛选”→“自动筛选”命令，此时数据清单的列标题的右侧出现下三角按钮, 如图 7.106 所示。

2006-2007(1) 1班计算机导论成绩单					
学号	姓名	卷面成绩	实验成绩	作业成绩	总分
2006060101	朱利	80	85	88	81.8
2006060102	李亮	85	80	79	83.4
2006060103	王锐铭	70	68	80	70.6
2006060104	李鹏飞	65	80	82	69.7
2006060105	刘清义	78	75	83	77.9
2006060106	巩洋	62	80	70	66.4
2006060107	章亦驰	56	89	76	64.6
2006060108	萧明扬	90	91	92	90.4

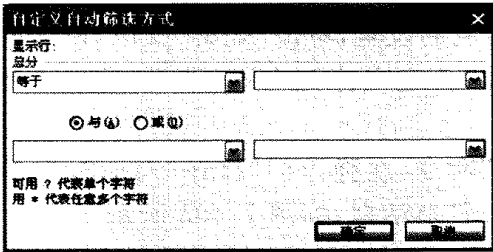
图 7.106 自动筛选

③ 单击“总分”右边的下三角按钮,在弹出的下拉列表(见图 7.107)中选择“自定义”选项,弹出“自定义自动筛选方式”对话框,如图 7.108 所示。



	A	B	C	D	E	F
1	2006-2007(1)班计算机导论成绩单					
2	学号	姓名	卷面成绩	实验成绩	作业成绩	总分
3	2006060101	朱莉	80	85	88	
4	2006060102	李亮	85	80	79	
5	2006060103	王晓铭	70	68	80	
6	2006060104	李鹏飞	65	80	82	
7	2006060105	刘清义	78	75	83	
8	2006060106	巩洋	62	80	70	
9	2006060107	章亦驰	56	89	76	
10	2006060108	萧明扬	90	91	92	

图 7.107 下拉列表选中“自定义”选项



自定义自动筛选方式

显示行: 总分

等于 70

☒ 与(且) ☐ 或(或)

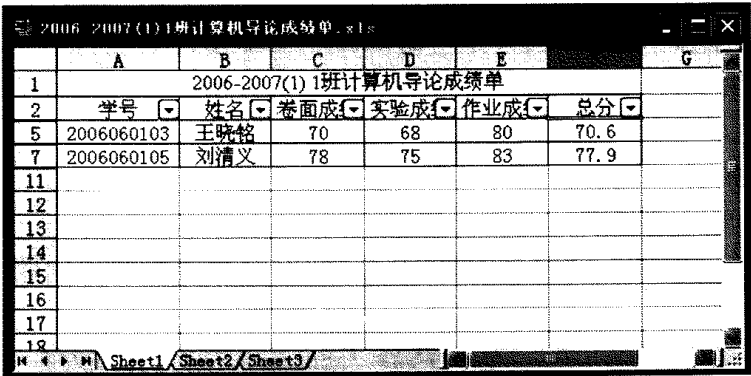
可用 ? 代表单个字符
用 * 代表任意多个字符

确定 取消

图 7.108 “自定义自动筛选方式”对话框

④ 在该对话框中的“总分”下拉列表中选择“大于等于”选项,在其后边的下拉列表中输入“70”,选择“与”选项,并选择“小于等于”选项,在其后边的下拉列表中输入“80”,可选出总分介于 70~80 分的数据行。

⑤ 单击“确定”按钮,筛选后的数据清单如图 7.109 所示。



	A	B	C	D	E	F
1	2006-2007(1)班计算机导论成绩单					
2	学号	姓名	卷面成绩	实验成绩	作业成绩	总分
5	2006060103	王晓铭	70	68	80	70.6
7	2006060105	刘清义	78	75	83	77.9
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						

图 7.109 自动筛选后的数据清单

(2) 高级筛选

高级筛选用于完成对复杂条件进行筛选。使用高级筛选功能之前,首先要建立筛选条件,条件区域的第一行是所有作为筛选条件的字段名,这些字段名与数据清单中的字段名必须完全相同,条件区域的其他行则输入筛选条件。

需要注意的是,条件区域和数据清单不能连接,必须用一空行将其隔开。

使用高级筛选,具体操作步骤如下:

① 要建立条件区域,如图 7.110 所示。

2006-2007(1)班计算机导论成绩单.xls

	A	B	C	D	E	F	G
1	2006-2007(1)班计算机导论成绩单						
2	学号	姓名	卷面成绩	实验成绩	作业成绩	总分	
3	2006060101	朱莉	80	85	88	81.8	
4	2006060102	李亮	85	80	79	83.4	
5	2006060103	王晓铭	70	68	80	70.6	
6	2006060104	李鹏飞	65	80	82	69.7	
7	2006060105	刘清义	78	75	83	77.9	
8	2006060106	巩洋	62	80	70	66.4	
9	2006060107	章亦驰	56	89	76	64.6	
10	2006060108	萧明扬	90	91	92	90.4	
11							
12			卷面成绩	实验成绩	作业成绩		
13			>70	>=80	>=85		
14							
15							
16							
17							

图 7.110 建立条件区域

② 选择“数据”→“筛选”→“高级筛选(A)”命令,弹出“高级筛选”对话框,如图 7.111 所示。

③ 在“方式”选区中选中单选按钮“在原有区域显示筛选结果(F)”,可将筛选结果显示在原数据清单中;选中单选按钮“将筛选结果复制到其他位置(O)”,可将筛选结果显示在其他位置中。

④ 在对话框的“列表区域”文本框中输入要进行高级筛选的列表区域,在“条件区域”文本框中输入条件区域,也可以通过单击其右边的“折叠”按钮,在工作表中选定区域,再单击右边的“伸展”按钮选定列表区域和条件区域。

⑤ 如果要筛选掉重复的记录,应该选中复选框。

⑥ 设置完成后,单击“确定”按钮,数据筛选条件和结果将显示在工作表中,如图 7.112 所示。

高级筛选

方式

☐ 在原有区域显示筛选结果(F)

☒ 将筛选结果复制到其他位置(O)

列表区域(L): \$A\$2:\$F\$10

条件区域(C):

复制到(R):

☐ 选择不重复的记录(R)

确定 取消

图 7.111 “高级筛选”对话框

2006-2007(1)班计算机导论成绩单.xls

	A	B	C	D	E	F	G
1	2006-2007(1)班计算机导论成绩单						
2	学号	姓名	卷面成绩	实验成绩	作业成绩	总分	
3	2006060101	朱莉	80	85	88	81.8	
4	2006060102	李亮	85	80	79	83.4	
5	2006060103	王晓铭	70	68	80	70.6	
6	2006060104	李鹏飞	65	80	82	69.7	
7	2006060105	刘清义	78	75	83	77.9	
8	2006060106	巩洋	62	80	70	66.4	
9	2006060107	章亦驰	56	89	76	64.6	
10	2006060108	萧明扬	90	91	92	90.4	
11							
12			卷面成绩	实验成绩	作业成绩		
13			>70	>=80	>=85		
14							
15	学号	姓名	卷面成绩	实验成绩	作业成绩	总分	
16	2006060101	朱莉	80	85	88	81.8	
17	2006060108	萧明扬	90	91	92	90.4	
18							
19							

图 7.112 高级筛选后的数据清单

如果要取消筛选的显示结果,还原到原始的数据清单,则选择“数据”→“筛选”→“全部显示(S)”命令即可。

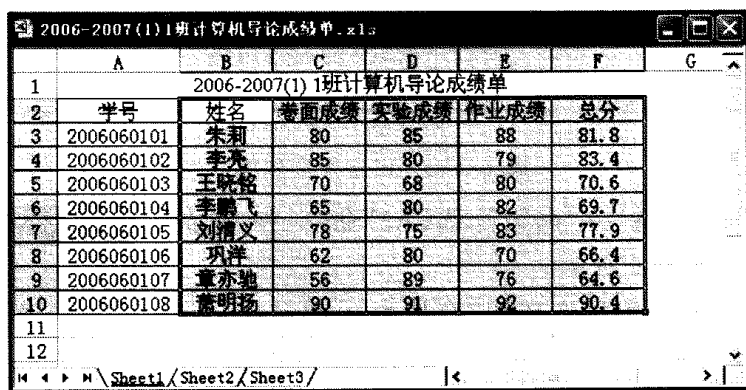
7.3.7 图表

在 Excel 2003 中使用图表可以把工作表中的数据更直观地显示出来。Excel 2003 提供了图表向导功能,利用它可以快速、方便地创建一个标准类型或自定义类型的图表。

1. 创建图表


使用图表向导创建图表的具体操作步骤如下:

(1) 打开工作表,并选定用于创建图表的数据,如图 7.113 所示。



	A	B	C	D	E	F	G
1	2006-2007(1)1班计算机导论成绩单						
2	学号	姓名	卷面成绩	实验成绩	作业成绩	总分	
3	2006060101	朱莉	80	85	88	81.8	
4	2006060102	李亮	85	80	79	83.4	
5	2006060103	王曉銘	70	68	80	70.6	
6	2006060104	李鹏飞	65	80	82	69.7	
7	2006060105	刘清义	78	75	83	77.9	
8	2006060106	冯洋	62	80	70	66.4	
9	2006060107	章亦迪	56	89	76	64.6	
10	2006060108	常明扬	90	91	92	90.4	
11							
12							

图 7.113 选定数据

(2) 选择“插入”→“图表”命令,或者直接单击“常用”工具栏中的“图表向导”按钮,弹出“图表向导-4 步骤之 1-图表类型”对话框,如图 7.114 所示。

(3) 在“图表类型”列表框中选择需要的图表类型,在“子图表类型”列表框中选择需要的子图表类型,单击“下一步”按钮,弹出“图表向导-4 步骤之 2-图表源数据”对话框,如图 7.115 所示。

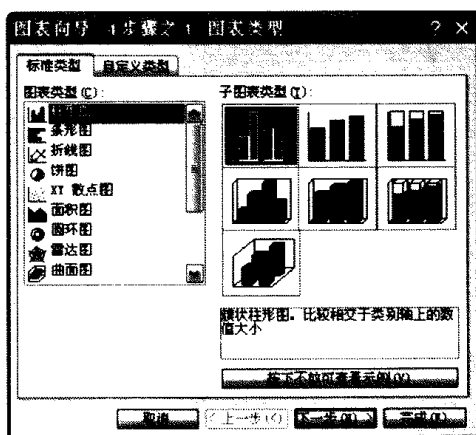


图 7.114 “图表类型”对话框

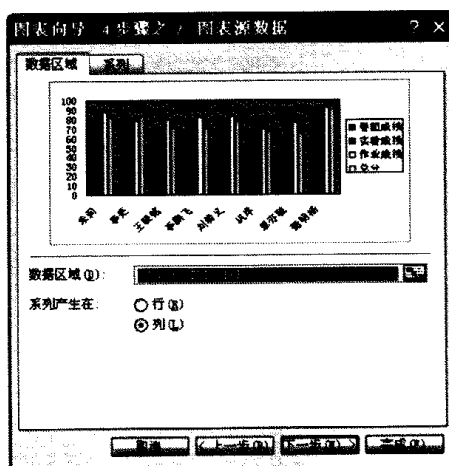


图 7.115 “图表源数据”对话框

(4) 在该对话框中设置生成图表的源数据和系列产生的位置,单击“下一步”按钮,弹出“图表向导-4 步骤之 3-图表选项”对话框,如图 7.116 所示。

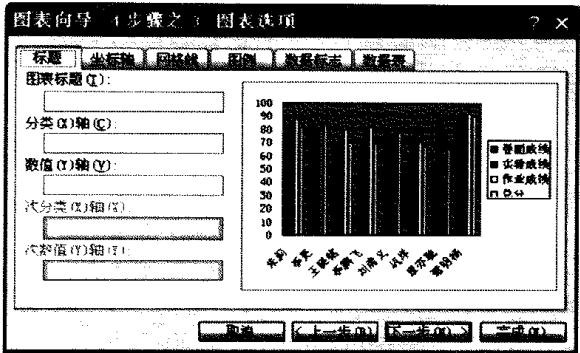


图 7.116 “图表选项”对话框

(5) 在该对话框中对图表的标题、坐标轴、网格线、图例、数据标志、数据表等进行设置,单击“下一步”按钮,弹出“图表向导-4 步骤之 4-图表位置”对话框,如图 7.117 所示。

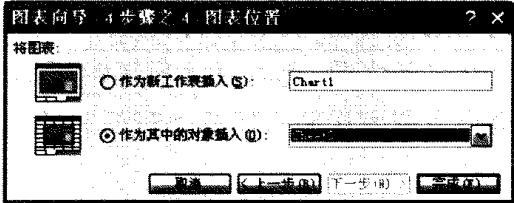


图 7.117 “图表位置”对话框

(6) 在该对话框中设置图表的插入方式,例如选中“作为其中的对象插入”单选按钮,单击“完成”按钮,即可创建一个嵌入式图表,效果如图 7.118 所示。

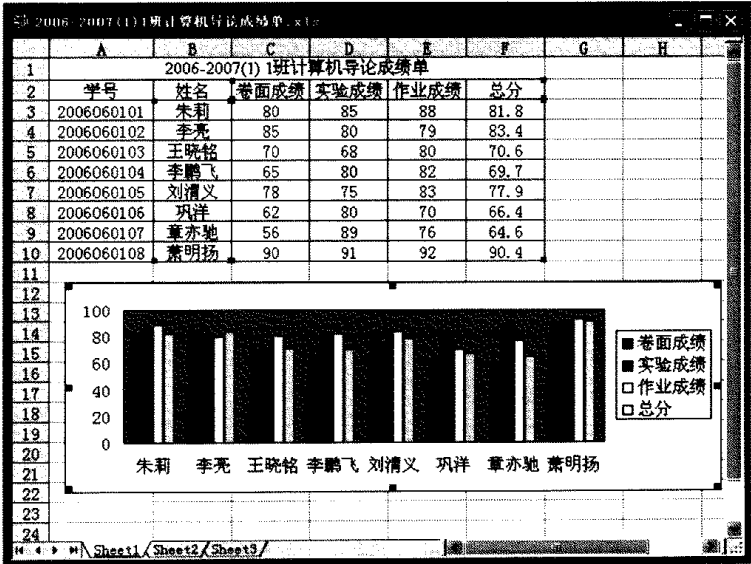


图 7.118 创建的嵌入式图表

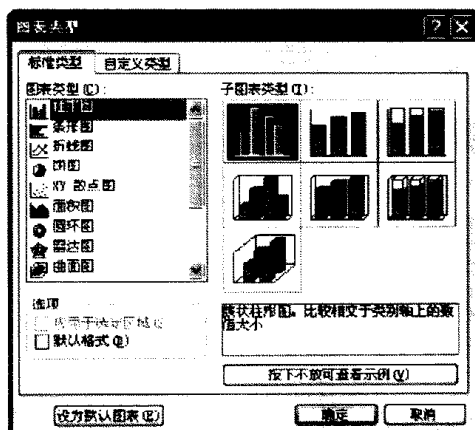


图 7.119 “图表类型”对话框

2. 更改图表类型

图表创建完成后,还可以更改其类型。具体操作步骤如下:

(1) 选中插入的图表,选择“图表”→“图表类型”命令,弹出“图表类型”对话框,如图7.119所示。

(2) 在“图表类型”列表框中选择需要的图表类型,在“子图表类型”列表框中选择需要的子图表类型。

(3) 单击“按下不放可查看示例”按钮,可查看更改后的图表效果。

(4) 设置完成后,单击“确定”按钮,即可改变图

表的类型。

7.3.8 打印工作表

用户在建立、编辑和格式化工作表后,就可以将其打印出来。Excel 2003 具有强大的打印功能,使用起来十分方便。在打印之前,可以对工作表的页面进行设置,然后进行打印预览,如果对所做设置满意后再将数据发送到打印机上进行打印。

1. 页面设置

在打印之前一般要对工作表进行打印设置。使用页面设置可以改变打印的方向、纸张的大小、页边距以及页眉和页脚等,使工作表有一个合乎规范的整体外观。

设置页面的具体操作步骤如下:

(1) 选择“文件”→“页面设置”命令,弹出“页面设置”对话框,打开“页面”选项卡,如图7.120 所示。

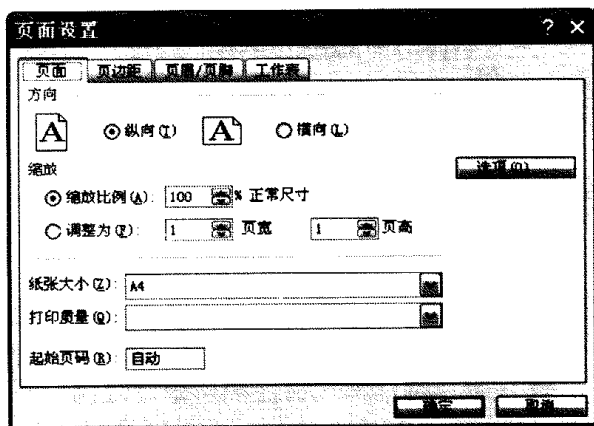


图 7.120 “页面”选项卡

(2) 在该选项卡中的“方向”选区中选中“纵向”或“横向”单选按钮,设置纸张的方向;在“缩放”选区中的“缩放比例”微调框中设置打印时的缩放比例值;在“纸张大小”下拉列表中选择纸张的类型。

(3) 在“页面设置”对话框中打开“页边距”选项卡,如图7.121 所示。

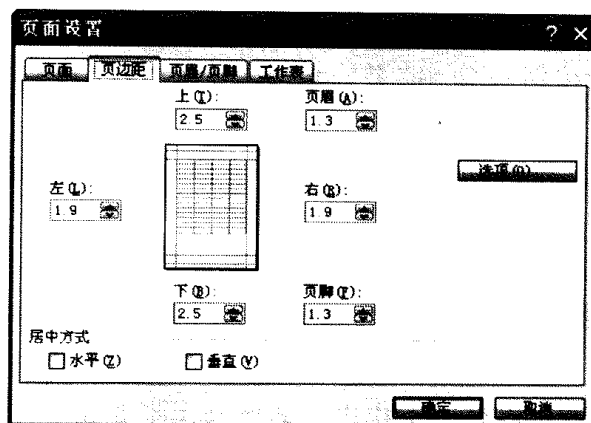



图 7.121 “页边距”选项卡

(4) 在该选项卡中可设置数据内容到纸张边缘的距离；在“居中方式”选区中选“水平”或“垂直”复选框，设置数据在纸张上的位置。

(5) 在“页面设置”对话框中的“页眉/页脚”选项卡中设置预定义的页眉和页脚格式，在“工作表”选项卡中设置是否要打印网格线、行号以及列标等。

(6) 设置完成后，单击“确定”按钮，完成工作表的页面设置。

2. 打印预览

设置好页面后，即可进行打印前的打印预览操作，预览页面设置是否合适。选择“文件”→“打印预览”命令，或者单击“常用”工具栏中的“打印预览”按钮，打开“打印预览”窗口，如图 7.122 所示。

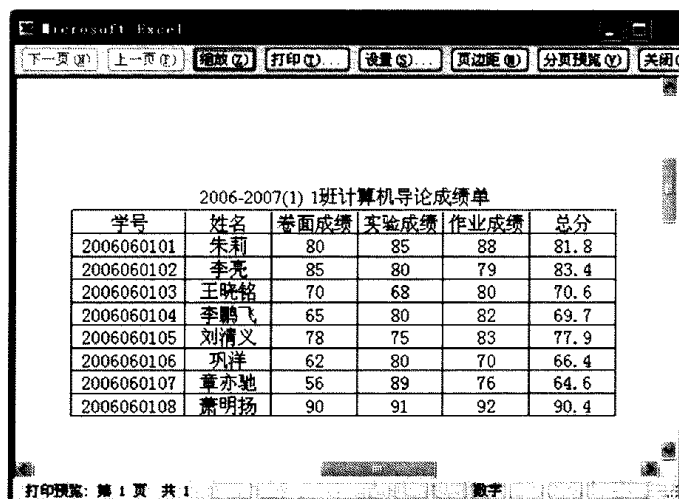


图 7.122 “打印预览”窗口

“打印预览”窗口中各按钮功能介绍如下：

“下一页”按钮：单击此按钮可显示下一页内容。

“上一页”按钮：单击此按钮可显示上一页内容。

“缩放”按钮：单击此按钮可以在全页视图和放大图之间进行切换，“缩放”功能并不影响实际打印的大小。

“打印”按钮:单击此按钮可弹出“打印内容”对话框,进行打印设置。

“设置”按钮:单击此按钮可弹出“页面设置”对话框,在该对话框中可重新进行页面设置。

“页边距”按钮:单击此按钮,可用鼠标直接调整页边距、页眉或页脚边距及列宽等页面边距。

“分页预览”按钮:单击此按钮可切换到“分页预览”视图中。

“关闭”按钮:单击此按钮可关闭“打印预览”窗口,并返回到工作表的编辑状态。

3. 打印

工作表设置完成后,就可以打印工作表。具体操作步骤如下:

(1) 选择“文件”→“打印”命令,弹出“打印内容”对话框,如图 7.123 所示。

(2) 在“打印机”选区中的“名称”下拉列表中选择打印机的名称,在“打印范围”选区中选择打印的范围,在“打印内容”选区中选中“选定区域”、“整个工作簿”或“选定工作表”单选按钮,在“打印份数”微调框中输入要打印工作表的份数。

(3) 设置完成后,单击“确定”按钮即可进行打印。

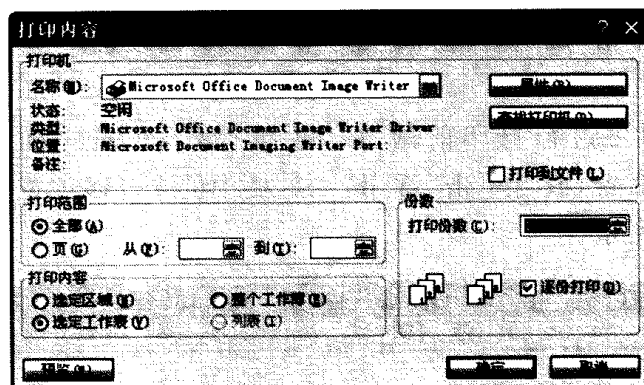


图 7.123 “打印内容”对话框

习 题

1. 简述工作簿、工作表、单元格以及单元格区域的基本概念。
2. 简述 Excel 2003 的新增功能。
3. 简述使用模板创建 Excel 工作表的基本方法。

7.4 演示文稿制作软件 PowerPoint 2003

PowerPoint 是一个演示文档制作软件,利用它能够生成生动的幻灯片,并达到最佳的现场演示效果,PowerPoint 制作的幻灯片可以包含声音、视频等多媒体对象。Microsoft PowerPoint 2003 是 Microsoft Office 2003 的一个核心组件,和 Office 套件中的其他应用程序一样,Microsoft PowerPoint 2003 相对于上一版本,有了很大的改善,可以说是目前最好、

功能最强大的演示文稿软件。广泛应用于会议、产品演示、学校教学以及电视节目制作等。

与以前的版本相比,PowerPoint 2003 有以下新特性:

- 功能更强的播放器。经过改进的 Microsoft Office PowerPoint Viewer 可进行高保真输出,并支持图形、动画和媒体,且新的播放器无需安装。
- 打包成 CD 功能。利用它可以方便地打包演示文稿及所有支持文件,发布幻灯片,甚至可直接刻录成 CD。
- 改进的墨迹注释。不仅可在播放演示文稿时保存所使用的墨迹,也可将墨迹保存在演示文稿中之后打开或关闭幻灯片墨迹标记。
- 增加新的智能标记支持。使用该功能可为演示文稿的文字加上智能标记。
- 新增信息检索功能。如果用户的计算机可以访问 Internet,新的信息检索任务窗格可提供各种参考信息和扩展资源。信息检索任务窗格还支持同义词搜索,此功能对于查找同义词来说是最佳工具。
- 增加信息权限管理(IRM)功能,可以防止因为意外或粗心将敏感性信息发送给不该接收到的用户,大大增强了文档的安全性。

7.4.1 PowerPoint 2003 的工作界面

首先熟悉一下 PowerPoint 2003 的工作界面。启动 PowerPoint 2003,一个与 Word 相似的窗口就呈现在眼前了,如图 7.124 所示。

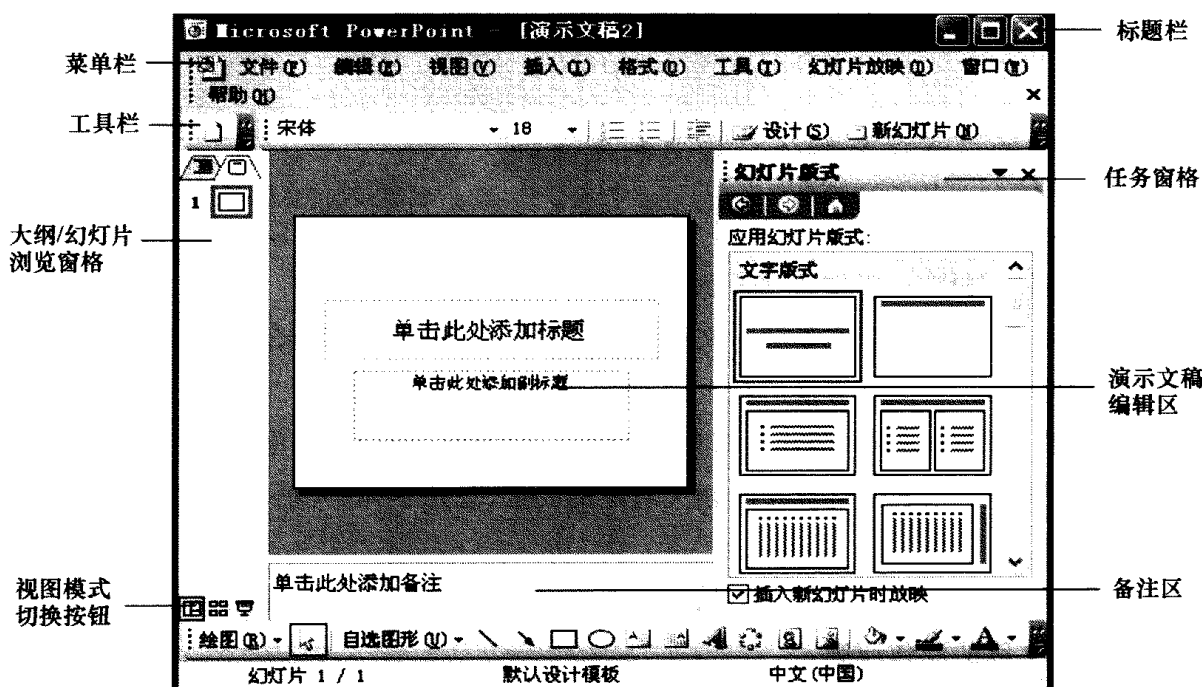


图 7.124 PowerPoint 2003 的工作界面

(1) 标题栏

标题栏位于窗口的最上方,其中包括 3 个窗口控制按钮(“最小化”按钮、“最大化/还原”按钮和“关闭”按钮)、应用程序名(Microsoft PowerPoint)、当前演示文稿的名称(演示文稿 2)。


(2) 菜单栏

通过展示其中每一条菜单,显示相应的命令项,完成演示文稿的所有编辑工作。

(3) 工具栏

将一些最为常用的命令按钮集中在本工具条上,方便调用。

(4) 任务窗格

默认情况下,任务窗格位于整个工作界面的右侧。第一次启动 PowerPoint 2003 应用程序时,将显示“新建演示文件”任务窗格,单击窗格标题栏右侧的“下三角”按钮,可以弹出其下拉菜单,从下拉菜单中用户可以选择切换至其他任务窗格。

(5) 工作区/编辑区

编辑幻灯片的工作区。

(6) 备注区

用来编辑幻灯片的一些“备注”文本。备注区位于演示文稿编辑区的下方,在此可添加与每张幻灯片内容相关的注释,供演讲者演示文稿时参考。

(7) 大纲/幻灯片浏览窗格

显示幻灯片文本的大纲或幻灯片的缩略图。通过“大纲视图”或“幻灯片视图”可以快速查看整个演示文稿中的任意一张幻灯片。

(8) 视图模式切换按钮

位于备注区的左侧,用于在“普通”视图、“幻灯片浏览”视图和“幻灯片放映”视图之间相互切换。

7.4.2 演示文稿的制作过程及制作原则

1. 演示文稿的制作过程

演示文稿的制作,一般要经历下面几个步骤:

- (1) 准备素材:主要是准备演示文稿中所需要的一些图片、声音、动画等文件。
- (2) 确定方案:对演示文稿的整个构架作一个设计。
- (3) 初步制作:将文本、图片等对象输入或插入到相应的幻灯片中。
- (4) 装饰处理:设置幻灯片中的相关对象的要素(包括字体、大小、动画等),对幻灯片进行装饰处理。
- (5) 预演播放:设置播放过程中的一些要素,然后播放查看效果,满意后正式输出播放。

2. 演示文稿的制作原则

- (1) 主题鲜明,文字简练
- (2) 结构清晰,逻辑性强
- (3) 和谐醒目,美观大方
- (4) 生动活泼,引人入胜

演示文稿的制作的核心原则是——醒目,即要使人看得清楚,达到交流的目的。

7.4.3 创建演示文稿

1. 制作新的演示文稿

一份演示文稿通常由一张“标题”幻灯片和若干张“普通”幻灯片组成。

(1) 启动 PowerPoint 2003, 选择“文件”→“保存”命令, 打开“另存为”对话框, 如图 7.125 所示, 选定“保存位置”, 为演示文稿取一个便于理解的名称, 如“我的第一个演示文稿”, 然后按下“保存”按钮, 将文档保存起来。



图 7.125 保存幻灯片

在编辑过程中, 通过按 Ctrl+S 快捷组合键, 可以随时保存编辑成果。

在“另存为”对话框中, 按右上方的“工具”按钮, 在随后弹出的下拉列表中, 选择“安全选项”, 打开“安全选项”对话框, 如图 7.126 所示, 在“打开权限密码”或“修改权限密码”中输入密码, 确定返回, 再保存文档, 即可对演示文稿进行加密。

注意: 若设置了“打开权限密码”, 以后要打开相应的演示文稿时, 需要输入正确的密码; 若设置好“修改权限密码”, 相应的演示文稿可以打开浏览或演示, 但是不能对其进行修改。两种密码可以设置为相同, 也可以设置为不相同。

(2) 使用内容提示向导: 利用系统提供的向导功能可以快速、有效地创建一个具有专业水平的演示文稿。在任务窗格的下拉列表中选“新建演示文稿”, 再单击任务窗格中的“根据内容提示向导”, 根据提示进行后续每一步操作。

任务窗格的显示与关闭: “视图”→“任务窗格”, 或 Ctrl+F1。

2. 标题幻灯片的制作

标题幻灯片相当于一个演示文稿的封面或目录页。

启动 PowerPoint 2003 以后, 系统会自动为空白演示文稿新建一张“标题”幻灯片(参见图 7.124)。

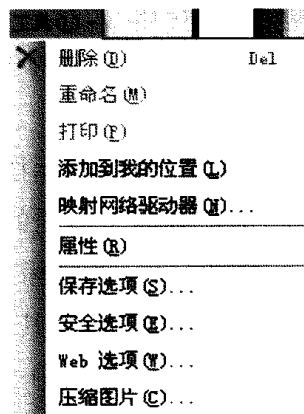


图 7.126 安全设置

在工作区中,点击“单击此处添加标题”文字,输入标题字符(如“精彩的 PowerPoint

2003”)。再点击“单击此处添加副标题”文字,输入副标题字符(如“我的第一个演示文稿”等)。标题幻灯片制作完成后的效果如图 7.127 所示。

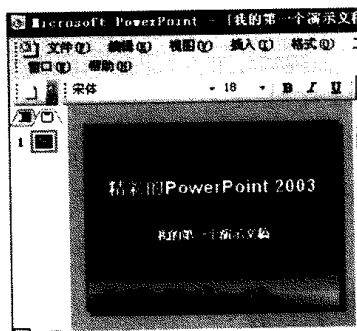


图 7.127 标题幻灯片

在标题幻灯片中,不输入“副标题”字符,并不影响标题幻灯片的演示效果。

如果在演示文稿中还需要一张标题幻灯片,可以这样添加:选择“插入”→“新幻灯片”命令(或直接按 Ctrl+M 快捷组合键)新建一个普通幻灯片,此时“任务窗格”智能化地切换到“幻灯片版式”任务窗格中,在“文字版式”下面选择一种标题

样式即可。

3. 普通幻灯片的制作

(1) 新建一张幻灯片

在“幻灯片版式”任务窗格中的“内容版式”下面选择一种幻灯片样式,例如,选择“空白”样式。

将光标定在左侧“大纲”区中,切换到“幻灯片”标签下,然后按一下 Enter 键,即可快速新建一张幻灯片。

(2) 将文本添加到幻灯片中

输入文本:选择“插入”→“文本框”→“水平/垂直”命令,此时鼠标变成细十字线状,按住左键在“工作区”中拖拉一下,即可插入一个文本框,然后将文本输入到相应的文本框中。

设置要素:单击选中文本框,设置好文本框中文本的“字体”、“字号”、“字体颜色”等要素。

调整大小:将鼠标移至文本框的 8 个控点(空心圆圈)上,成双向拖拉箭头时,按住左键拖拉,即可调整文本框的大小。

移动定位:将鼠标移至文本框边缘处成四箭头状时,按住左键拖拉,将其定位到幻灯片合适位置上即可。

旋转文本框:选中文本框,然后将鼠标移至上端控制点(绿色实心圆点),此时控制点周围出现一个圆弧状箭头,按住左键拖动鼠标,即可对文本框进行旋转操作。

(3) 将图片插入到幻灯片中

将光标定在“工作区”,选择工具栏上的“插入”→“图片”→“来自文件”命令,如图 7.128 所示。打开“插入图片”对话框,如图 7.129 所示。定位到图片所在的文件夹,选中需要的图片,按下“插入”按钮(或直接双击

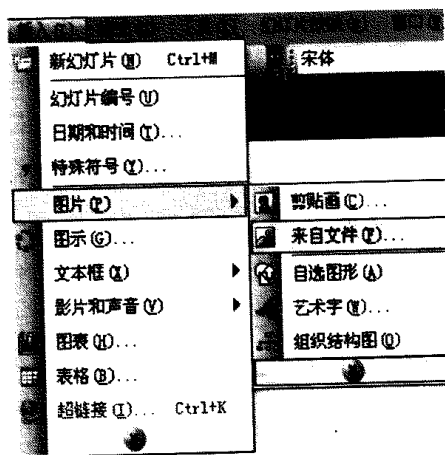


图 7.128 插入图片

所选图片),即可将图片插入到幻灯片中。

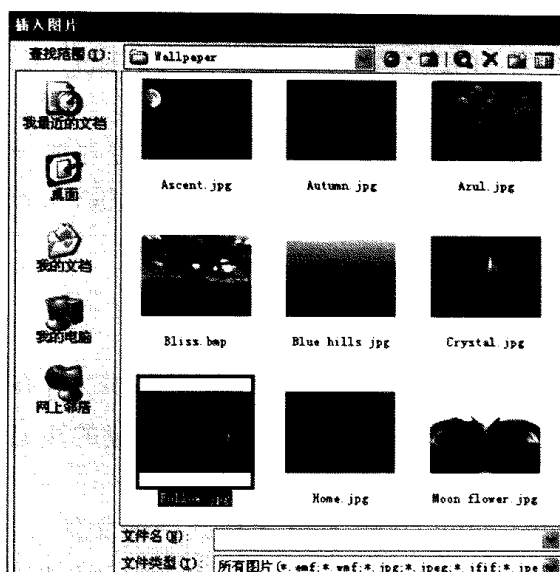


图 7.129 “插入图片”对话框

调整图片的大小、移动、定位和旋转图片的操作方法,同操作文本框十分相似。

仿照上面的操作,完成后续幻灯片的制作,然后保存,第一份演示文稿就制作完成了。

7.4.4 编辑幻灯片

1. 添加新幻灯片

方法一:快捷键法。按 Ctrl+M 组合键,即可快速添加一张空白幻灯片。

方法二:回车键法。在“普通视图”下,将鼠标定在左侧窗格的“幻灯片”标签下,然后按下回车键(Enter),同样可以快速插入一张新的空白幻灯片。

方法三:命令法。选择“插入”→“新幻灯片”命令,也可以新增一张空白幻灯片。

2. 插入文本框

在幻灯片中插入文本框,步骤如下:

S1:选择“插入”→“文本框”→“水平(垂直)”命令,然后在幻灯片中拖拉出一个文本框来。

S2:也可以用“绘图”工具栏上的文本框按钮来插入文本框。

3. 直接输入文本

在“普通视图”下,将鼠标定在左侧的窗格中,切换到“大纲”标签下。然后直接输入文本字符。每输入完一个内容后,按下 Enter 键,新建一张幻灯片,输入后面的内容。

如果希望在原幻灯片中输入正文文本,只要按一下 Ctrl+Enter 键即可。此时,如果想新增一张幻灯片,需再次按下 Ctrl+Enter 键。

返回上面可以用上下左右箭头键或者鼠标进行操作。

4. 插入图片

制作演示文稿的目的是向别人介绍观点、宣传你的思想或推荐好的产品,文字固然重要,但是,在演示文稿中,如果能将生动有趣的图形与文字配合在一起,将大大增强演示文稿的演示效果。

在幻灯片中插入图片,其步骤如下:

S1:选择“插入”→“图片”→“来自文件”命令,打开“插入图片”对话框。

S2:定位到需要插入图片所在的文件夹,选中相应的图片文件,然后按下“插入”按钮,将图片插入到幻灯片中。

S3:用拖拉的方法调整图片的大小,并将其定位在幻灯片的合适位置上即可。

注意:定位图片位置时,除使用鼠标,还可以按动方向键,可以实现图片的微量移动,达到精确定位图片的目的。

5. 插入声音

在幻灯片中插入声音,其步骤如下:

S1:选择“插入”→“影片和声音”→“文件中的声音”命令,打开“插入声音”对话框。

S2:定位到需要插入声音文件所在的文件夹,选中相应的声音文件,然后按下“确定”按钮。

注意:演示文稿支持 mp3、wma、wav、mid 等格式声音文件。

S3:在随后弹出的快捷菜单中,根据需要选择“是”或“否”选项返回,即可将声音文件插入到当前幻灯片中。

注意:插入的声音文件后,会在幻灯片中显示出一个喇叭图标,在幻灯片放映时,通常会显示在画面上,为了不影响播放效果,通常将该图标移到幻灯片边缘处。

6. 插入视频

在幻灯片中插入视频,其步骤如下:

S1:选择“插入”→“影片和声音”→“文件中的影片”命令,打开“插入影片”对话框。

S2:定位到需要插入视频文件所在的文件夹,选中相应的视频文件,然后按下“确定”按钮。

注意:演示文稿支持 avi、wmv、mpeg 等格式视频文件。

S3:在随后弹出的快捷菜单中,根据需要选择“是”或“否”选项返回,即可将声音文件插入到当前幻灯片中。

S4:调整视频播放窗口的大小,将其定位在幻灯片的合适位置上即可。

7. 插入 Flash 动画

在幻灯片中插入 Flash 动画,其步骤如下:

S1:选择“视图”→“工具栏”→“控件工具箱”命令,展开“控件工具箱”工具栏,如图 7.130 所示。

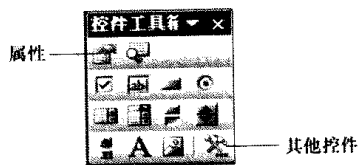


图 7.130 控件工具箱

S2:单击控件工具箱中的“其他控件”按钮,在随后弹出的下拉列表中选“Shockwave Flash Object”选项,然后在幻灯片中拖拉出一个矩形框,此为播放窗口。

S3:选中上述播放窗口,单击控件工具箱中的“属性”按钮,打开“属性”对话框,在“Movie”选项后面的方框中输入需要插入的 Flash 动画文件名及完整路径,如图 7.131 所示。然后关闭属性窗口。

注意:建议将 Flash 动画文件和演示文稿保存在同一文件夹中,这样只需要输入 Flash 动画文件名称,而不需要输入路径了。

S4:调整好播放窗口的大小,将其定位到幻灯片合适位置上,放映时即可播放 Flash 动画了。

8. 插入艺术字

在幻灯片中插入艺术字,其步骤如下:

S1:选择“插入”→“图片”→“艺术字”命令,打开“艺术字库”对话框。

S2:选中一种样式后,按下“确定”按钮,打开“编辑艺术字”对话框。

S3:输入艺术字字符后,设置好字体、字号等要素,确定返回。

S4:调整好艺术字大小,并将其定位在合适位置上即可。

注意:选中插入的艺术字,在其周围出现黄色的控制柄,拖动控制柄,可以调整艺术字的外形。

9. 使用绘图工具栏

PowerPoint 2003 提供了功能强大的绘图工具,利用绘图工具绘制各种线条、连接符、几何图形、星形以及箭头等较复杂的图形。另外,还可以利用“绘图”工具栏中提供的工具按钮对绘制的图形进行旋转、翻转或填充颜色等,并与其他图形组合为更复杂的图形。

选择“视图”→“工具栏”→“绘图”命令,可以打开或关闭“绘图”工具栏,进行多边形的绘制,图形的排列、对齐与组合等。

10. 公式编辑

在幻灯片中插入公式编辑,其步骤如下:

S1:选择“插入”→“对象”命令,打开“插入对象”对话框。

S2:在“对象类型”下面选中“Microsoft 公式 3.0”选项,确定进入“公式编辑器”状态下。

注意:默认情况下,“公式编辑器”不是 Office 安装组件,在使用前需要通过安装程序进行添加后,才能正常使用。

S3:利用工具栏上的相应模板,即可制作出相应的公式。

S4:编辑完成后,关闭“公式编辑器”窗口,返回幻灯片编辑状态,公式即可插入到其中。

S5:调整好公式的大小,并将其定位在合适位置上。

11. 插入其他演示文稿

可以将其他文档中的幻灯片插入到当前演示文稿中,除了用“复制/粘贴”的方法外,还可以用如下方法插入其他演示文稿,其步骤如下:

S1:将光标定在需要插入的幻灯片前面。

S2:选择“插入”→“幻灯片(从文件)”命令,打开“幻灯片搜索器”对话框。

S3:单击其中的“浏览”按钮,打开“浏览”对话框,定位到被引用演示文稿所在的文件夹中,选中相应的演示文稿,确定返回。

S4:选中需要引用的幻灯片,然后按下“插入”按钮,再“关闭”退出即可。

注意:

① 如果需要引用演示文稿中的所有幻灯片,直接按下“全部插入”按钮就行了。

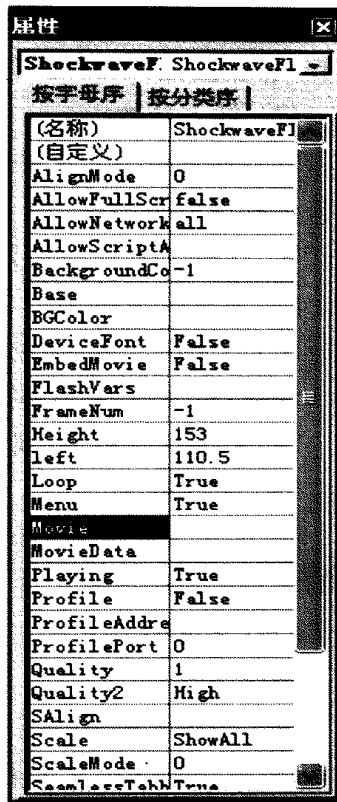


图 7.131 “属性”对话框

② 在按住 Ctrl 键的同时,用鼠标点击不同的幻灯片,可以同时选中不连续的多幅幻灯片,然后将其插入。

③ 如果经常需要引用某些演示文稿中的幻灯片,在打开相应的演示文稿后,单击“添加到收藏夹”按钮,以后可以通过“收藏夹标签”进行快速调用。

12. 插入批注

审查他人的演示文稿时,可以利用批注功能提出自己的修改意见。批注内容并不会在放映过程中显示出来。

S1:选中需要添加意见的幻灯片,选择“插入批注”命令,进入批注编辑状态。

S2:输入批注内容。

S3:当使用者将鼠标指向批注标识时,批注内容即刻显示了出来。

注意:批注内容不会在放映过程中显示出来。

S4:右击批注标识,利用弹出的快捷菜单,可以对批注进行相应的编辑处理。

13. 加入备注

备注,也就是注释,作为演示文稿的一种附加信息,起着说明性的作用,它用于对幻灯片中的内容作注释说明。在 PowerPoint 中,每张幻灯片都有一个用于输入备注信息的窗格,位于幻灯片窗格的下方。在备注窗格中可以直接输入备注信息,也可以在“备注页”视图中输入备注信息。

每个备注页都显示了小版本的幻灯片及其备注。在“备注页”视图中,可以用图表、图片、表格或其他插图修饰备注。

(1) 添加备注信息

如果要在“备注页”视图中添加备注信息,其具体操作步骤如下:

① 选择“视图”→“备注页”,切换至“备注页”视图模式下。

② 在“备注页”视图下方的文本框中输入备注信息。

(2) 将配色方案应用于备注

在“备注页”视图中也可以应用配色方案,其具体操作步骤如下:

① 选择“视图”→“备注页”,切换至“备注页”视图模式下。

② 在“格式”工具栏中单击“设计”按钮,然后在弹出的“幻灯片设计”任务窗格中单击“配色方案”超链接,将显示出配色方案列表。

③ 在任务窗格的“应用配色方案”列表框中选择需要的配色方案。将鼠标指针指向该配色方案,将在其右侧显示一个向下箭头,单击该箭头,可弹出其下拉菜单。

④ 若用户仅将配色方案应用于此备注页,在下拉菜单中选择“应用于备注页”命令。若要将配色方案应用于所有备注页,则选择“应用于所有备注页”命令。

14. 插入图表

形象直观的图表与文字数据相比更容易让人理解,插入在幻灯片中的图表使幻灯片的显示效果更加清晰。PowerPoint 2003 中附带了一种叫 Microsoft Graph 的图表生成工具,它能提供 18 种不同的图表来满足用户的需要,这使得制作图表的过程简便而且自动化。

在幻灯片中插入所需的图表,通常是通过在系统提供的样本数据表中输入自己的数据,由系统自动修改与数据相对应的作为样本的图表而得到的。

当样本数据表及其对应的图表出现后,PowerPoint 2003 的菜单栏和常用工具栏就被

Microsoft Graph 的菜单和工具按钮替代。用户可在系统提供的样本数据表中,完全按自己的需要重新输入数据。Microsoft Graph 的数据表与 Excel 的工作表十分相似,可像对 Excel 的工作表那样,在该数据表中输入数据。用鼠标或方向键选择所需的单元格,然后从键盘直接输入数据。如图 7.132 所示。

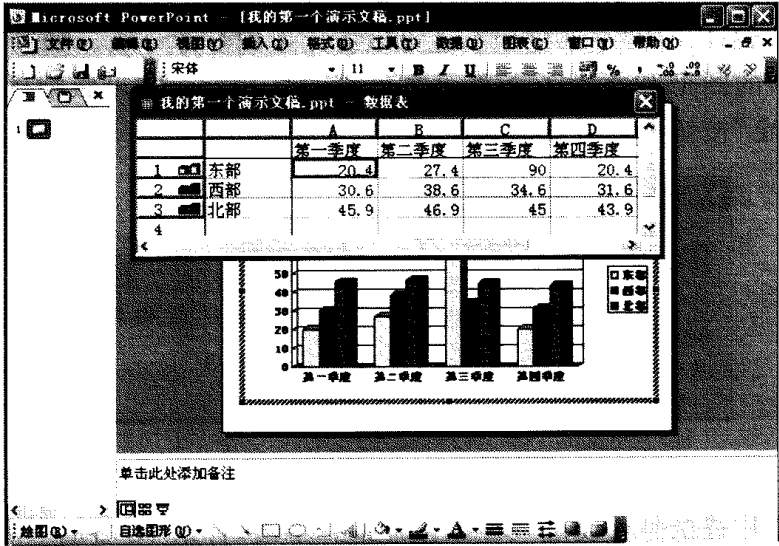


图 7.132 插入图标窗口

在幻灯片中插入图表,其具体步骤如下:

S1:选择“插入图表”命令,进入图表编辑状态。

S2:在数据表中编辑好相应的数据内容,然后在幻灯片空白处单击一下鼠标,即可退出图表编辑状态。

S3:调整好图表的大小,并将其定位在合适位置上即可。

注意:如果发现数据有误,直接双击图表,即可再次进入图表编辑状态,进行修改处理。

15. 插入 Excel 表格

在幻灯片中插入 Excel 表格,其步骤如下:

S1:选择“插入”→“对象”命令,打开“插入对象”对话框。

S2:选中“由文件创建”选项,然后单击“浏览”按钮,定位到 Excel 表格文件所在的文件夹,选中相应的文件,单击“确定”按钮返回,即可将表格插入到幻灯片中。

S3:调整好表格的大小,并将其定位在合适位置上即可。

注意:

- ① 为了使插入的表格能够正常显示,需要在 Excel 中调整好行、列的数目及宽(高)度。
- ② 如果在“插入对象”对话框,选中“链接”选项,以后在 Excel 中修改了插入表格的数据,打开演示文稿时,相应的表格会自动随之修改。

7.4.5 修饰演示文稿

一个幻灯片演示文稿如果仅仅是大量素材的堆砌,就等同于一个普通文档。所以制作演示文稿必须要有合理的结构、一致的外观、和谐的配色、漂亮的背景、有表现力的动画,以及合理的换页切换。

1. 幻灯片背景

幻灯片背景包括颜色、过渡效果、纹理、图案等。在演示文稿中的一张幻灯片上或者其母版上只能使用一种背景类型。

设置背景操作的步骤:若只对一部分幻灯片设置背景,就先选取它们,然后单击菜单“格式”→“背景”,则弹出“背景”对话框,如图 7.133 所示。可以选择只针对当前幻灯片的“应用”,或者针对全部幻灯片的“全部应用”,也可以应用于幻灯片母版。如果选中“忽略母版的背景图形”,则母版的图形和文本不会显示在当前幻灯片上。在母版视图中不能使用该选项。最后单击“预览”按钮可查看效果如何。

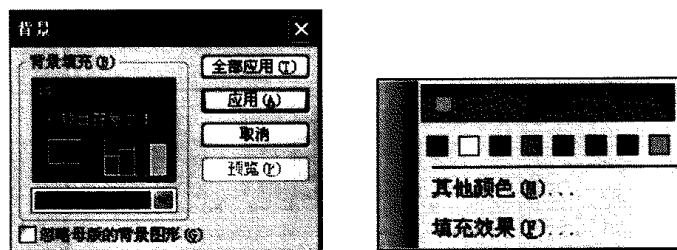


图 7.133 “背景”对话框

最简单的幻灯片背景是仅设定一种颜色背景。单击“背景”对话框中的颜色下拉框中的任一颜色即可。如果菜单中的颜色不能满足需要,可以点击“其他颜色”,在“颜色”对话框中进一步选择。“颜色”对话框和 Word 中的一样。

图 7.133 右图中有“填充效果”命令,在“填充效果”对话框中可以设置 4 种背景:“渐变”、“纹理”、“图案”、“图片”,它们分为 4 个选项卡。

(1) 渐变背景

“颜色”选项区中可以选择单色、双色和预设 3 种配色方案。其中,“单色”为仅仅是一种颜色的亮度渐变,可以设置颜色和深浅。“预设”则包含了一些预定义的渐变方案,如“红日西斜”、“金乌坠地”、“暮霭沉沉”等。“底纹样式”和“变形”选项区则确定了渐变的方向和渐变的变化趋势,选取适当对制造幻灯片的效果是很有效的。

(2) 纹理背景

在“纹理”选项卡中可以选择纹理的填充效果,比如“新闻纸”、“羊皮纸”等等。甚至可以选择外部图片作为纹理来填充背景,点击“其他纹理”即可。

(3) 图案背景

图案背景和纹理背景既有相似又有区别。相似之处是它们都是以一小块图案平铺来填充背景。不同之处是,纹理是可以任意选择的图片,而图案是系统提供好的几种样式,用户可以改变的是前景色和背景色。

(4) 图片背景

在“图片”选项中点击“选择图片”按钮即可选择一幅外部图片作为幻灯片背景,通常选择一些色彩淡雅的风景图片。

2. 设计模板

PowerPoint 2003 提供了各种专业的设计模板,用户可从中选择任意一种,这样所生成的幻灯片都将自动采用该模板的设计方案,从而使演示文稿中的幻灯片风格协调一致。设计模板决定了幻灯片的主要外观,包括背景、预制的配色方案、背景图形等。PowerPoint 2003 支持演示文稿的多个设计模板。当需要将多个演示文稿合并到一个文件中,并且每部

分仍保持其各自的外观,此功能非常有用。

在任务窗格的下拉列表中,选“新建演示文稿”,再单击任务窗格中的“根据设计模板”,在任一设计模板上单击鼠标右键或者在鼠标移至其上时点击右侧出现的下拉按钮,然后单击选取所需版式。或者打开“文件”菜单,选择“新建”命令,都将弹出“新建演示文稿”对话框,在任务窗格中选择“本机上的模板”。PowerPoint 2003 提供了以下几种类型的模板:“常用”、“设计模板”、“演示文稿”(如图 7.134 所示)。如选择“设计模板”选项卡,窗口中列出已设计好的模板列表,单击某一种模板后,窗口右侧的预览框内可以看见预览效果。

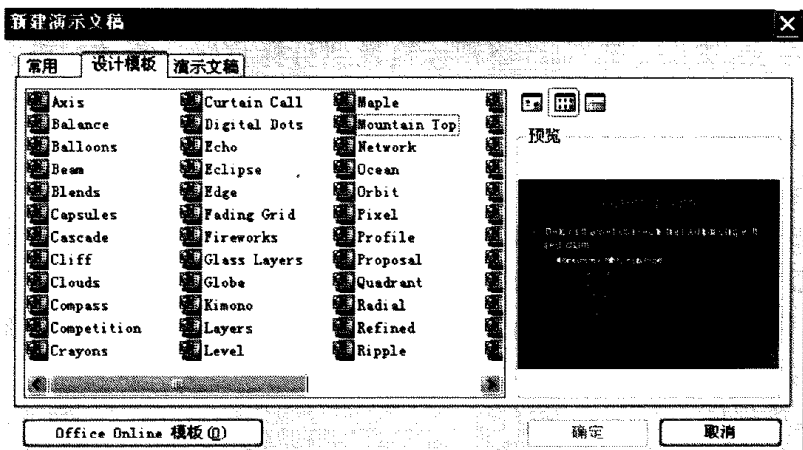


图 7.134 幻灯片模板

3. 配色方案

如果套用一个现成的模板,但又对模板的配色不满意,可以打开“配色方案”来修改。配色方案决定了整个演示文稿的颜色风格,是一组可用于演示文稿的预设颜色。可将它们用于图表和表格上,以及重新着色添加到幻灯片中的图片上。配色方案有背景、文本和线条、阴影、标题文本、填充、强调、强调文字和超链接、强调文字和已访问的超链接 8 种颜色设置组成。方案中的每种颜色会自动应用于幻灯片上的不同组件。也可以为选定的部分幻灯片挑选一种局部的配色方案。

类似的,在配色方案任务窗格下方有“编辑配色方案”按钮,可以打开相应的对话框修改配色方案。

4. 动画方案

PowerPoint 2003 在动画效果方面有较大增强。使用“幻灯片设计”→“动画方案”可以立即将一组预定义的动画和切换效果应用于所选幻灯片或整篇演示文稿。所有的预定义动画在任务窗格中作了分类,如“温和型”、“华丽型”等。

除了预定义的动画效果,用户可以更加自由地制作自己的动画效果。

7.4.6 幻灯片视图

PowerPoint 2003 有 3 种工作视图,各种视图提供不同的观察侧面和功能,通过单击窗口左下角的视图按钮,可以在不同的视图中观察自己制作的演示文稿,还可以使用幻灯片放映按钮,使系统以全屏幕方式播放演示文稿。PowerPoint 中最常使用的两种视图是普通视图和幻灯片浏览视图。

不论使用哪一种视图,系统都根据显示器的分辨率和主窗口的大小选取一个最优的比例来显示演示文稿,并允许用户根据需要进行放大或缩小。

1. 大纲视图

大纲视图是一个文本处理视图,此种方式的设计重点以幻灯片的文字内容为主,可以看到每张幻灯片中的标题和文字内容,并会依文字的层次缩排,产生整个演示文稿的纲要、大标题、小标题等,当创作者暂不考虑幻灯片的构图变化,而仅仅建立贯穿整个演示文稿的构思时,通常采用大纲视图。


使用大纲视图是整理、组织和扩充文字最有效的途径。只需直接在大纲视图中依次输入各个幻灯片的标题和正文,PowerPoint 2003 就会自动建立每张幻灯片。

在大纲视图中拖拽幻灯片的图标能改变幻灯片的排列次序。移动鼠标指针到要改变位置的幻灯片的图标上,按住左键不放,将图标拖拽到目标位置后释放左键,该幻灯片便被安置在新的位置上,而其余幻灯片顺序也重新排列。利用左侧的工具按钮还可以使某一张幻灯片中的条目在不同的幻灯片间移动。

2. 幻灯片视图

在幻灯片视图中,可以为幻灯片增加标题、正文,改变版面布局,使用绘图工具画出各种图形,增加各种艺术图片,选择颜色模式,制作图表、组织结构图等一系列工作。可以查看每张幻灯片中的文本外观。可以在单张幻灯片中添加图形、影片和声音,并创建超级链接以及向其中添加动画。

3. 幻灯片浏览视图

单击“”按钮或者选择“视图”菜单中的“幻灯片浏览”命令将切换到幻灯片浏览视图中。原则上演示文稿的全部幻灯片都可出现在屏幕上,这些幻灯片是以缩图显示的。幻灯片浏览视图适用于需要重新调整排列幻灯片的顺序,检查演示文稿的顺序是否流畅,亦可加入新的幻灯片,对幻灯片进行移动、复制、删除等各项工作,设置幻灯片之间的切换效果。还可以预览多张幻灯片上的动画,方法是选定要预览的幻灯片,然后单击“幻灯片放映”菜单中的“动画预览”。在许多幻灯片当中,有蓝色粗线外框围住的幻灯片是当前幻灯片,如图7.135所示。

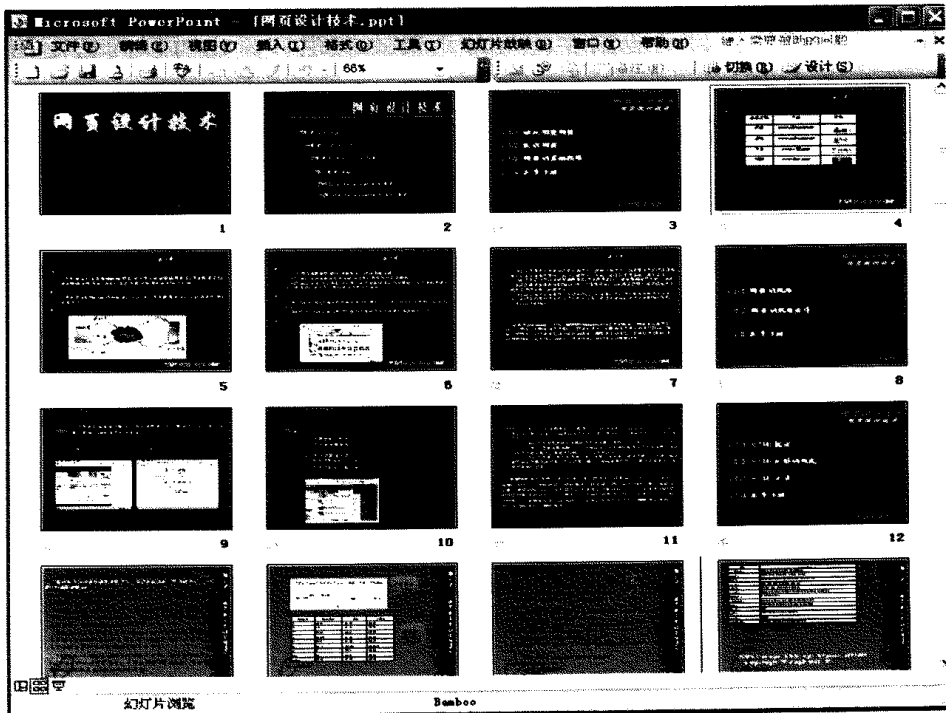


图 7.135 幻灯片浏览视图

7.4.7 应用母版

母版是存储关于模板信息的设计模板的一个元素,这些模板信息包括字形、占位符大小和位置、背景设计以及配色方案等。母版仿佛是一种模具,基于母版可以生成“模样”相同、动画一致的许多幻灯片来。如果更改幻灯片母版,会影响所有基于母版的演示文稿幻灯片,如果要使个别幻灯片的外观与母版不同,可以直接修改幻灯片。但是,对已经改动过的幻灯片,在母版中的改动对其就不起作用了。因此,对演示文稿,应该先改动母版来满足大多数幻灯片的要求,再修改个别的幻灯片。如果已经修改了幻灯片的外观,又希望恢复为母版的样式,可以选择任务窗格中“幻灯片版式”,如图 7.136 所示,或者在“格式”菜单中选择“幻灯片版式”命令。在该幻灯片对应的版式上点击下拉菜单,从中选择“重新应用样式”即可。

母版分为 3 种,幻灯片母版、讲义母版、备注母版。幻灯片母版一般用来设置幻灯片的显示风格;讲义母版用来设置讲义和大纲的打印风格;备注母版则是用来设置备注的打印风格。

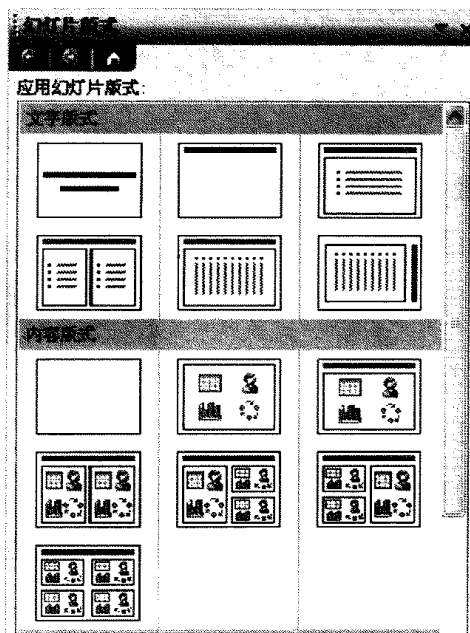


图 7.136 “幻灯片版式”对话框

1. 幻灯片母版

幻灯片母版是所有母版的基础,它控制了除标题幻灯片之外演示文稿中所有幻灯片的默认外观,也包括讲义和备注中的幻灯片外观。幻灯片母版控制文字的格式、位置、项目符号的字符、配色方案以及图形项目等。

要显示母版视图,可以选择用下面两种操作之一:

- (1) 选择“视图”→“母版”→“幻灯片母版”。
- (2) 按住键盘上的 Shift 键,点击“大纲/幻灯片”窗格水平滚动条左端的“普通视图”按钮,此时提示为“幻灯片母版视图”。

除了编辑器中的占位符,还可以编辑母版的背景和配色方案、动画方案,与前面讲述的编辑幻灯片的方法是一样的,这里不再赘述。

2. 讲义母版和备注母版

讲义母版是为了设置讲义的格式,而讲义一般是用来打印的,所以讲义母版的设置大多和打印页面相关。备注页一般也是用来打印的,所以备注母版的设置也和打印页面有关。

可以在创建演示文稿时创建辅助幻灯片的备注页和讲义。作为幻灯片放映的是演讲者备注。每张幻灯片都有一个备注页,其中包含幻灯片的缩图及供演讲者备注使用的空间。也可以为听众创建幻灯片的讲义,在一个页面内可以包含 1 张、2 张、3 张、4 张、6 张或者 9 张的讲义,也可以创建大纲形式的讲义,用来帮助听众了解文稿内容。备注和讲义都有母版,可以在母版上添加要在每页都显示的项目。

7.4.8 自定义动画

1. 设置“进入”动画

动画是演示文稿的精华,在画中尤其以“进入”动画最为常用。下面以设置“中心旋转”的进入动画为例,看看具体的设置过程。

(1) 选中需要设置动画的对象,选择“幻灯片放映”→“自定义动画”命令,展开“自定义动画”任务窗格。

(2) 单击任务窗格中的“添加效果”按钮,在随后弹出的下拉列表中,选择“进入”→“其他效果”选项,如图 7.137 所示,打开“其他效果”对话框。

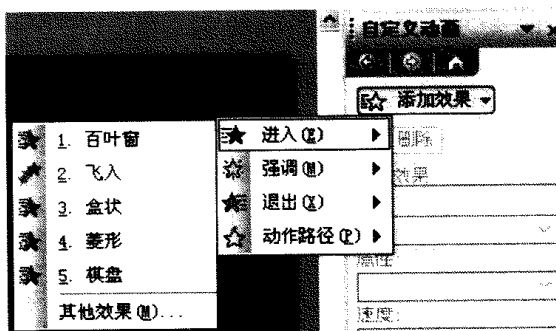


图 7.137 自定义动画

(3) 选中“中心旋转”动画选项,确定返回即可。

注意:如果需要设置一些常见的进入动画,在“进入”菜单下面直接选择即可。

2. 设置动画播放方式

如果一张幻灯片中的多个对象都设置了动画,就需要确定其播放方式(是“自动播放”还是“手动播放”)。下面以将第二个动画设置在上一个动画之后自动播放为例讲述动画播放方式。

展开“自定义动画”任务窗格,双击第二个动画方案,单击“开始”右侧的下拉按钮,在随后弹出的快捷菜单中,选择“之后”选项即可。

注意:在“自定义动画”任务窗格中,还可以快速设置动画播放“速度”等选项。

3. 设置动画退出

(1) 选中相应的对象,展开“自定义动画”任务窗格。

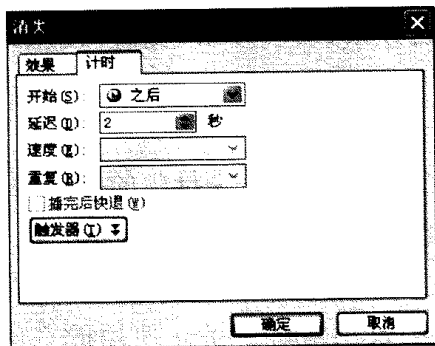


图 7.138 “消失”对话框

(2) 单击“添加效果”按钮,在随后弹出的下拉列表中,依次选择“退出”→“消失”选项,即可为对象设置“消失”的退出动画。

(3) 双击设置的动画方案,打开“消失”对话框,切换到“计时”标签下,把“开始”选项设置为“之后”,并设置一个“延迟”时间(如 2 s),如图 7.138 所示。“确定”返回,让“退出”动画在“进入”动画之后 2 s 自动播放。

4. 自定义动画路径

以椭圆的运动为例:

(1) 用“绘图”工具栏上的“椭圆”按钮,在幻灯片中画出一个(或多个)小椭圆。

(2) 分别选中相应的椭圆,单击“自定义动画”任务窗格中的“添加效果”按钮,选择“动作路径”→“绘制自定义路径”→“自由曲线”选项(此时鼠标变成一支笔)。

(3) 自“椭圆”处开始,发挥想像随意绘制曲线。

(4) 然后在“计时”标签中,将“重复”项设置为“直到幻灯片末尾”,则上述椭圆就会按用户绘制的曲线反复运动,直到幻灯片切换。

5. 调整动画顺序

在 PowerPoint 2003 演示文稿中设置好动画后,如果发现播放的顺序不理想,该怎样快速调整呢?下面以将 3 个动画方案调整到第二个顺序播放为例,看看具体的操作过程。

选中需要调整的对象,右击鼠标,在随后出现的快捷菜单中,选择“自定义动画”选项,展开“自定义动画”任务窗格,选中第三个动画方案,按住鼠标左键,将其拖拉到第二个动画方案上方,松开鼠标即可。

注意:此处,利用右键菜单快速展开“自定义动画”任务窗格。

6. 设置背景音乐

为 PowerPoint 2003 演示文稿设置背景音乐,这是增强演示效果的重要手段。方法如下。

(1) 仿照前面的操作,选择一首合适的音乐文件,将其插入到第一张幻灯片中。

(2) 展开“自定义动画”任务窗格。

(3) 选中声音播放方案(其实就是一种动画方案),双击打开“播放声音”对话框。

(4) 在“效果”标签下,选中“在 XX 幻灯片之后”选项,并输入一个数值(此处假定演示文稿共有 28 张幻灯片,就输入数值 28),确定返回即可。

注意:这样的设置,就相当于让声音播放动画在 28 张幻灯片之后停止,替代背景音乐的效果。

7. 设置强调动画

PowerPoint 2002 之后的版本添加了一个“强调”动画设置功能。所谓“强调”动画,就是在放映过程中引起观众注意的一类动画,设置方法同设置“进入”动画相似。

(1) 选中需要设置强调动画的对象,选择“幻灯片放映”→“自定义动画”命令,展开“自定义动画”任务窗格。

(2) 单击其中的“添加动画”按钮,在随后弹出的快捷菜单中,展开“强调”下面的级联菜单,选择一种“强调”动画(如“陀螺旋”)即可。

注意:选择其中的“其他效果”选项,打开“添加强调效果”对话框,可以设置多种强调动画。

8. 设置字幕式动画

我们经常看到一些课件在播放过程中,一些字符从左向右(从下向上)滚动出现,这种效果在 PowerPoint 中可以用“字幕式”动画来实现。

(1) 将字符输入到一个文本框中。

(2) 选中文本框,单击“自定义动画”任务窗格中的“添加效果”按钮,在随后弹出的快捷菜单中,展开“进入”下面的级联菜单,选中“字幕式”动画选项就行了。

注意:如果“字幕式”动画选项不在“进入”级联菜单中,可以选择其中的“其他动画”选项来设置。

7.4.9 幻灯片的切换

在演示文稿放映过程中由一张幻灯片进入另一张幻灯片就是幻灯片之间的切换,为了使幻灯片更具有趣味性,在幻灯片切换时可以使用不同的技巧和效果。

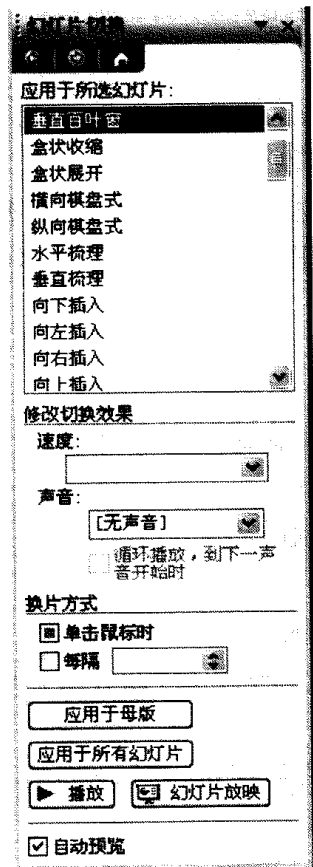



图 7.139 “幻灯片切换”任务窗格

1. 设置幻灯片切换效果

在幻灯片浏览视图增加切换效果最为方便,可为多张幻灯片增加同样的切换效果。单击演示文稿底部的“”按钮进入幻灯片浏览视图,选择幻灯片,单击可选择一张,按住“Shift”键同时逐个单击幻灯片,选择多张幻灯片。然后选择“幻灯片放映”→“幻灯片切换”即可打开“幻灯片切换”任务窗格,如图 7.139 所示。或单击“幻灯片浏览”工具栏上的“切换”图标也可出现幻灯片切换任务窗格。在幻灯片切换任务窗格的下拉列表中选择切换效果,在幻灯片浏览视图中可看见切换效果。

在“幻灯片切换”任务窗格中,不仅可选择切换方式,还可选择切换实施速度和增加切换时的音响效果以及人工控制放映(单击鼠标时)还是自动放映(将希望幻灯片在屏幕上停留的秒数设置“每隔”复选框,则幻灯片之间会按设定时间值自动换页)。

如果两个复选框都选中,即保留了两种换页方式,那么,在放映时以较早发生的为准。即设定时间还未到单击了鼠标,单击后就更换幻灯片,反之亦然。如果同时清除了两个复选框,在幻灯片放映时,只有在单击鼠标右键出现的快捷菜单中利用“下一页”命令更换幻灯片。

对话框中的参数设置好以后,单击“应用于母版”按钮将切换效果应用到选择的幻灯片上;单击“应用于所有幻灯片”按钮,将切换效果应用到所有幻灯片上。

2. 排练计时

如果希望随着幻灯片的放映,同时讲解幻灯片中的内容,就不能用人工设定的时间,因为人工设定的时间不能精确判断一幅幻灯片所需的具体时间。如果使用排练功能就可解决这个问题,在排练放映时自动记录使用时间,便可精确设定放映时间,设置完后就能直接进入幻灯片放映状态,不管事先是何种状态,此时都从第一张开始放映,而且把整个幻灯片全部放映一遍。

打开要设置放映时间的演示文稿,单击“幻灯片放映”菜单中的“排练计时”命令,此时开始排练放映幻灯片,同时开始计时。在屏幕上除显示幻灯片外,尚有一个“排练”对话框,在该对话框中显示有时钟,记录当前幻灯片的放映时间。当幻灯片放映时间到,准备放映下一张幻灯片时,单击带有箭头的换页按钮,即开始记录下一张幻灯片的放映时间。如果认为该时间不合适,可以单击“重复”按钮,对当前幻灯片重新计时。放映到最后一张幻灯片时,屏

幕上会显示一个确认的消息框,询问是否接受已确定的排练时间。

幻灯片的放映时间设置好以后,就可以按设置的时间进行自动放映。

7.4.10 动作设置与超级链接

用户在演示文稿中添加超级链接以便跳转到某个特定的地方,如跳转到某张幻灯片、另一个演示文稿、或某个 Internet 地址。

创建超级链接时,起点可以是任何对象,如文本、图形等,如果图形中有文本,可以为图形和文本分别设置超级链接。激活超级链接的方式可以是单击或鼠标移过,通常采用单击的方式,鼠标移过的方式使用于提示。值得注意的是,只有在演示文稿放映时,超级链接才能激活。

在幻灯片视图中可以使用“幻灯片放映”菜单中的“动作设置”命令创建超级链接,在创建超级链接之前应保存要插入超级链接的演示文稿,否则不能创建相对链接。

1. 使用“动作设置”创建超级链接

打开演示文稿,进入幻灯片视图,切换到要添加超级链接的幻灯片。选择用于代表超级链接的文本或对象,打开“幻灯片放映”菜单,选择“动作设置”命令,弹出“动作设置”对话框,该对话框中有“单击鼠标”和“鼠标移过”两个选项卡,如图 7.140 所示。如果要使用单击启动跳转,请单击“单击鼠标”选项卡;如果使用鼠标移过启动跳转,请单击“鼠标移过”选项卡。单击“超链接到”,再选择跳转目标,单击“确定”按钮。在“动作设置”对话框中还可以指定运行的程序、运行宏对象动作和播放声音等选项。



图 7.140 “动作设置”对话框

2. 利用动作按钮

可以将超级链接添加到现有按钮上,PowerPoint 2003 中提供了一些按钮,将这些按钮

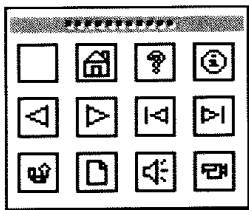



图 7.141 动作按钮

添加到幻灯片中,可以快速设置超级链接。打开“幻灯片放映”菜单,选择“动作按钮”命令,显示“动作按钮”级联菜单,包括 12 个动作按钮,如图 7.141 所示。选择所需的按钮,光标变成十字状,在幻灯片的适当位置拖动鼠标,然后“动作设置”对话框自动显示,通过设置或确认,以便把跳转的目标确定下来。

3. 利用“插入超级链接”创建超级链接

在幻灯片视图中,选中幻灯片上要创建超级链接的文本或对象,单击“常用”工具栏中“”按钮,或打开“插入”菜单,选择“超级链接”命令,弹出“插入超级链接”对话框,链接到其他目标位置的方法同 Word 中相同,链接到其他幻灯片时单击“本文档中的位置”按钮,如图 7.142 所示。每张幻灯片都是一个书签,系统按幻灯片的标题自动

命名书签名。单击所需的幻灯片,就可以创建到某张幻灯片的超级链接。

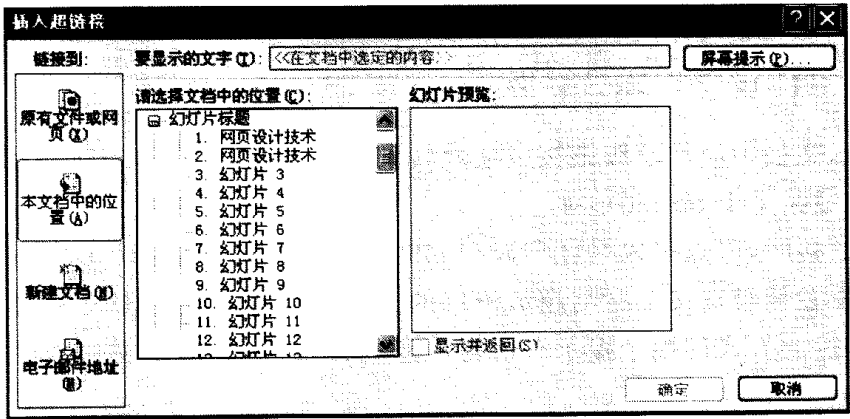


图 7.142 插入超链接

4. 编辑超级链接

创建超级链接后,用户可以根据需要随时编辑或更改超级链接的目标。首先选中代表超级链接的文本或对象,在“动作设置”对话框中选择所需选项。另外,也可以选中超级链接,单击鼠标右键,在显示的快捷菜单中选择“编辑超级链接”选项。

如果需要删除超级链接,可先选中代表超级链接的文本或对象,在“动作设置”对话框中选择“无动作”选项按钮,另外,也可以选中超级链接,单击鼠标右键,在显示的快捷菜单中选择“删除超级链接”选项。如果要将幻灯片中的超级链接和代表超级链接的文本或对象同时删除,则选择该对象或文本后,按“Del”键。

7.4.11 幻灯片放映方式

在 PowerPoint 中可以根据需要,使用 3 种不同的方式进行幻灯片的放映,即演讲者放映方式、观众自行浏览方式以及在展台浏览放映方式。选择“幻灯片放映”→“设置放映方式”命令,弹出“设置放映方式”对话框,如图 7.143 所示,选择幻灯片放映方式。

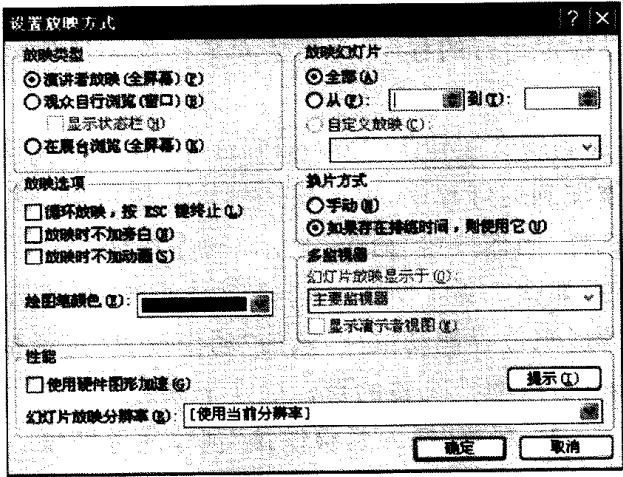


图 7.143 “设置放映方式”对话框

“演讲者放映(全屏幕)”是常规的放映方式。在放映过程中,可以使用手动控制幻灯片的放映进度和动画出现的效果;如果希望自动放映演示文稿,可以使用“幻灯片放映”菜单上的“排练计时”命令设置幻灯片放映的时间,使其自动播放。

如果演示文稿在小范围放映,同时又允许观众动手操作,可以选择“观众自行浏览(窗口)”方式。在这种方式下演示文稿出现在小窗口内,并提供命令在放映时移动、编辑、复制和打印幻灯片,移动滚动条从一张幻灯片移到另一张幻灯片。

如果演示文稿在展台、摊位等无人看管的地方放映,可以选择“在展台浏览(全屏幕)”方式,将演示文稿设置为在放映时不能使用大多数菜单和命令,并且在每次放映完毕后,如 5 分钟观众没有进行干预,会重新自动播放。当选定该项时,PowerPoint 2003 会自动设定“循环放映,Esc 键停止”的复选框。

在该对话框的“放映幻灯片”栏中输入幻灯片的编号,还可以选择只放映演示文稿中部分幻灯片。

7.4.12 创建自定义放映

把一套演示文稿,针对不同的听众,将不同的幻灯片组合起来,形成一套新的幻灯片,并加以命名,然后根据各种需要,选择其中的自定义放映名进行放映,这就是自定义放映。打开“幻灯片放映”菜单,选择“自定义放映”命令,弹出“自定义放映”对话框。然后单击“新建”按钮,弹出“定义自定义放映”对话框,如图 7.144 所示。

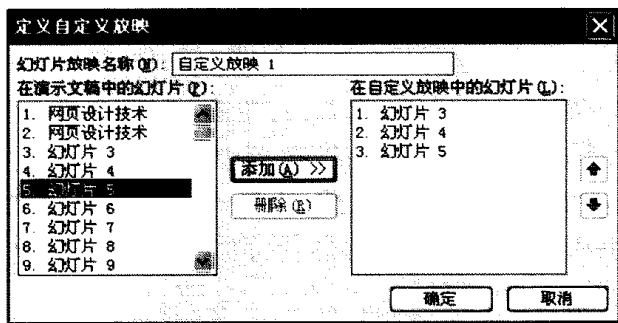


图 7.144 “定义自定义放映”对话框

在该对话框的左边列出了演示文稿中的所有幻灯片的标题,从中选择要添加到自定义放映的幻灯片后,单击“添加”按钮,这时选定的幻灯片就出现在右边框中。当右边框中出现多个幻灯片标题时,可通过右侧的上、下箭头调整顺序。如果右边框中有选错的幻灯片,选中幻灯片后,单击“删除”按钮就可以从自定义放映幻灯片中删除,但它仍然在演示文稿中。幻灯片选取并调整完毕后,在“幻灯片放映名称”框中输入名称,单击“确定”按钮,回到“自定义放映”对话框,如果要预览自定义放映,单击“放映”按钮。如果要添加或删除自定义放映中的幻灯片,单击“编辑”按钮,重新进入“设置自定义放映”对话框,利用“添加”或“删除”按钮进行调整。如果要删除整个自定义的幻灯片放映,可以在“自定义放映”对话框中选择其中要删除的自定义名称,然后单击“删除”按钮,则自定义放映被删除,但原来的演示文稿仍存在。

7.4.13 演示文稿的打印

用 PowerPoint 2003 建立的演示文稿,除了可在计算机屏幕上做电子展示外,还可以将它们打印出来长期保存。PowerPoint 2003 的打印功能非常强大,它可以将幻灯片打印到纸上,也可以打印到投影胶片上通过投影仪来放映,还可以制作成 35 mm 幻灯片通过幻灯机来放映。

在打印演示文稿之前,应在 Windows 中完成打印机的设置工作。

1. 幻灯片的页面设置

在打印前首先要对幻灯片的页面进行设置,也就是说以什么形式、什么尺寸来打印幻灯片及其备注、讲义和大纲。

打开“文件”菜单,选择“页面设置”命令弹出“页面设置”对话框,如图 7.145 所示。在对话框中“幻灯片大小”的下拉列表中,选择幻灯片输出的大小,包括全屏显示、35 mm 幻灯片(制作 35 mm 的幻灯片)、自定义。如果选择了“自定义”选项,应在“宽度”、“高度”框中键入相应的数值。如果不以“1”作为幻灯片的起始编号,应在“幻灯片编号起始值”框中输入合适的数字。在“方向”选项中,可以设置幻灯片的打印方向。演示文稿中的所有幻灯片将为同一方向,不能为单独的幻灯片设置不同的方向。备注页、讲义和大纲可以和幻灯片的方向不同。

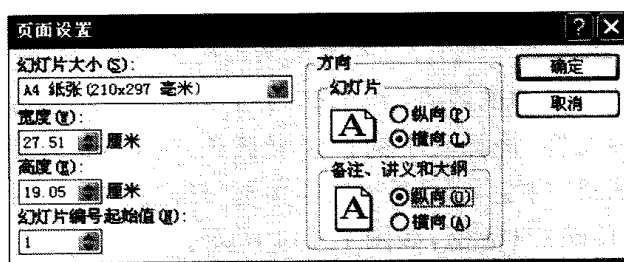


图 7.145 “页面设置”对话框

2. 演示文稿的打印

如果对打印机、打印范围等设置好了,可以直接单击“常用”工具栏上“”按钮进行打印。

如果需要设置打印时的参数,使用“文件”菜单中“打印”命令弹出“打印”对话框,打印时的参数设置与打印 Word 文档类似。不同之处在于可以在“打印内容”栏中选择是打印幻灯片,还是讲义、大纲、备注和每页打印几张幻灯片等多种内容。各种参数设置好后,单击“确定”按钮即开始打印,如图 7.146 所示。

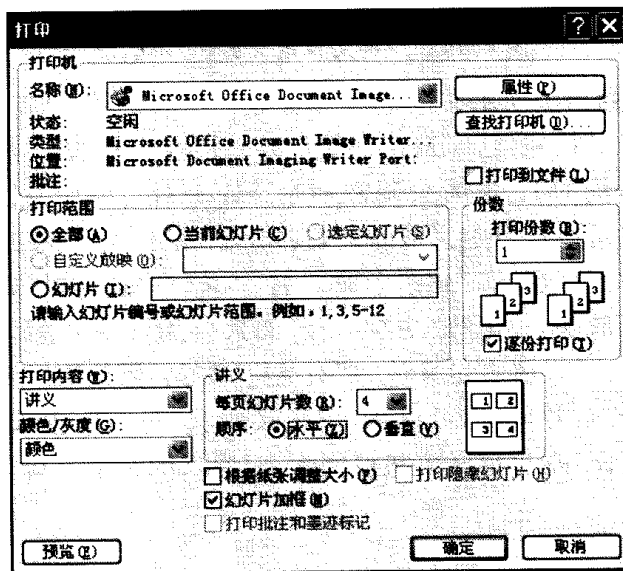


图 7.146 “打印”对话框

7.4.14 创建 Web 上的演示文稿

越来越多的用户,不论是同事、学生还是朋友,都想通过 Internet 查看您的演示文稿。PowerPoint 2003 只用一个简单的命令,便可以用超文本链接标示语言(HTML)的格

式来发布演示文稿。

PowerPoint 2003 利用对于 Web 查看有意义的选项自动格式化 Web 演示文稿。例如,大纲窗格中的标题成为超链接,使您可以在幻灯片之间移动,并且在 Web 页的底部添加了用于移动到上一个和下一个幻灯片的按钮。在发布之前可以打开或关闭这些选项,从而获得您需要的外观。

演示文稿中的所有图形或绘图对象(包括位图格式的文件或使用“绘图”工具栏上的工具所绘制的图形)都自动保存为 GIF、JPEG、PNG 或矢量标记语言(VML)的格式。即使在将演示文稿保存为 Web 页后,演示文稿中包括图形和其他对象在内的所有数据都可以在 PowerPoint 中进行编辑。

为确保演示文稿在 Web 浏览器中以所需要的方式进行显示,将演示文稿另存为 Web 页时可以自定义的一些选项:

- ① 发布整个演示文稿、仅发布某些幻灯片或发布自定义放映。
- ② 选择幻灯片是否显示演讲者备注。
- ③ 选择浏览器等级支持(例如 Microsoft Internet Explorer 4.0 或更高版本)。
- ④ 打开或关闭大纲和备注页窗格和幻灯片定位控件。
- ⑤ 选择在大纲和备注页窗格中的文本颜色和所有窗格的背景颜色。
- ⑥ 浏览时是否显示幻灯片动画。
- ⑦ 设置图形的大小和输出格式(例如,对于将在 Internet Explorer 5 或更高版本中查看的演示文稿使用 VML 格式)。
- ⑧ 设置目标显示监视器的分辨率(例如 800×600 像素)。
- ⑨ 打开或关闭 Web 页的长文件名。
- ⑩ 指定 Web 页支持文件(项目符号和图形)的位置——或者在另一个文件夹中,或者与 Web 页在同一个文件夹中。

将演示文稿或 HTML 文件发布到 Web 中,具体步骤如下:

S1: 打开或创建想要发布到 Web 的演示文稿。

S2: 在“文件”菜单中单击“另存为 Web 页”,弹出如图 7.147 所示对话框。

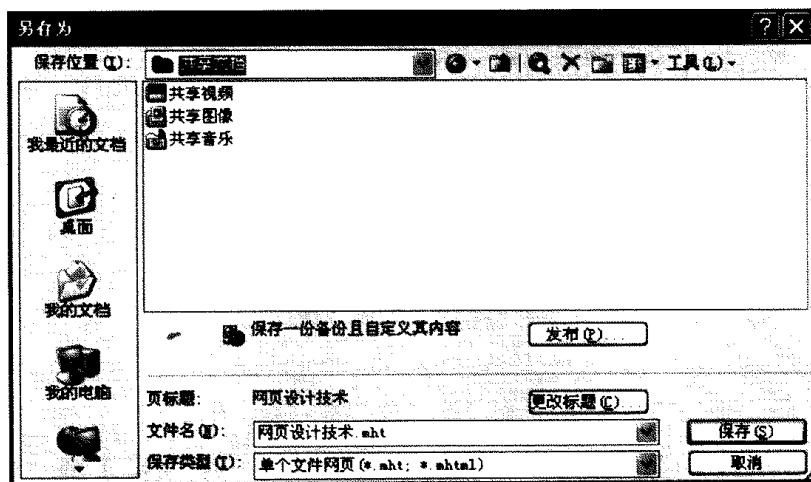


图 7.147 “另存为 Web 页”对话框

S3:在“文件名”框中键入用于 Web 页的名称,并在文件夹列表中为 Web 页选择位置。

S4:若要更改 Web 页的标题(出现在 Web 浏览器标题栏上的文本),则单击“更改标题”,在“页标题”框中键入新标题,然后单击“确定”。

S5:若要仅发布某些幻灯片或自定义放映,打开或关闭演讲者备注以及指定 Web 页的浏览器等级支持,则单击“发布”,然后选定需要的选项,弹出如图 7.148 所示对话框。

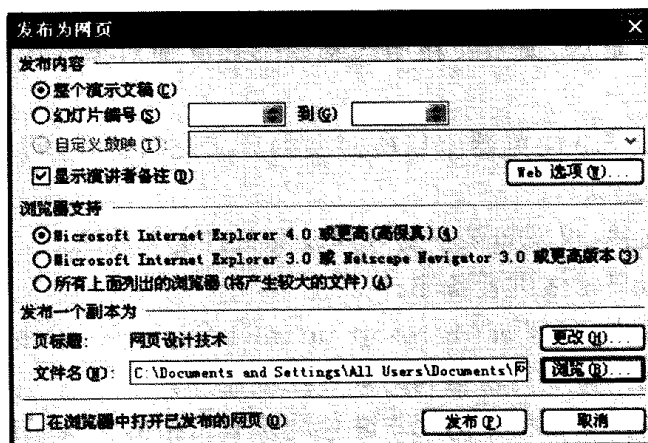


图 7.148 “发布为网页”对话框

S6:若要选择其他 Web 页格式和显示选项,则单击“Web 选项”,选定需要的选项,然后单击“确定”。

说明“Web 选项”对话框的“常规”选项卡中的选项是 PowerPoint 专用的。其他选项卡中的选项则是所有 Office 程序所通用的,如图 7.149 所示。

S7:单击“发布”。

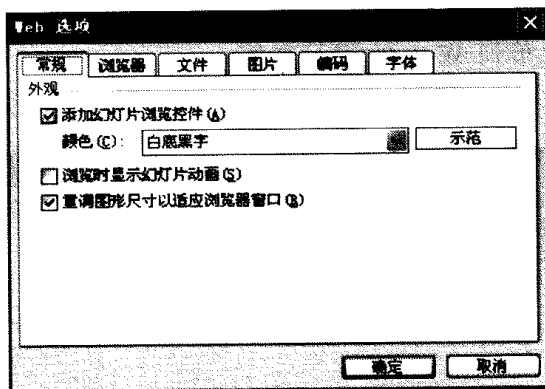


图 7.149 Web 选项

7.4.15 打包

PowerPoint 2003 中的“打包成 CD”功能让用户可将一个或多个演示文稿随同支持文件复制到 CD 中。默认情况下,PowerPoint 播放器包含在 CD 上,并可在其他计算机上运行打包的演示文稿,即使未安装 PowerPoint 应用程序。也可以将一个或多个演示文稿打包到

计算机或某个网络位置上的文件夹中,而不是在 CD 上。打包之后,如果对演示文稿做了修改,再一次运行打包向导即可。

1. 打包演示文稿

打包演示文稿到 CD 或文件夹的具体操作步骤如下:

- (1) 如果要打包到 CD,则在 CD 刻录光驱中插入一张空白的 CD 盘片。
- (2) 打开要打包的演示文稿。
- (3) 选择“文件”→“打包成 CD(K)”命令,启动“打包”向导,在“打包”向导的开始画面上,列出了打包过程,按照“打包”向导的指示进行操作即可,如图 7.150 所示。

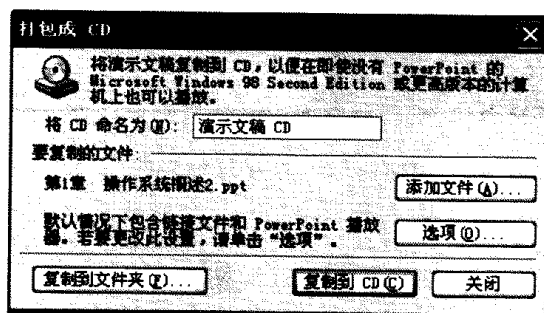


图 7.150 “打包成 CD”对话框

“添加文件”可以将多个演示文稿打包到一起;“复制到文件夹”将文件打包到用户指定名称和位置的文件夹中。“复制到 CD”将文件打包到若干张 CD 盘中。

是否打包 PowerPoint 播放器和嵌入字体,可以打开“选项”对话框,如图 7.151 所示。

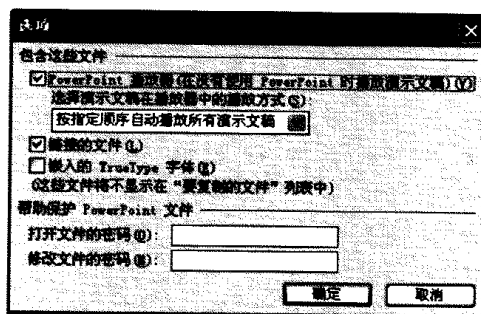


图 7.151 “选项”对话框

“链接的文件”指定包含的文件和演示文稿中使用的字体;“PowerPoint 播放器”确定是否要包含 PowerPoint 播放器。

打包时,如果一张光盘不够,系统会提示插入新的光盘。

2. 运行打包文件

打包后的演示文稿文件类型并没有改变,只是在文件夹中包含了 PowerPoint 播放器及所需库文件。如果要运行打包的演示文稿,其具体操作步骤如下:

- (1) 在“我的电脑”或 CD 驱动器中,打开打包文件所在的文件夹,如图 7.152 所示。
- (2) 双击批处理文件图标“play.bat”,可启动 PowerPoint Viewer 应用程序,并播放打

包的所有演示文稿。

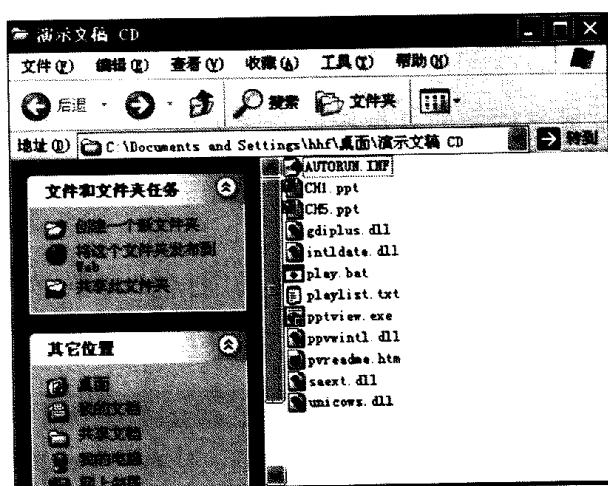


图 7.152 打开打包文件

习 题

1. 新建一个含有 4 张幻灯片的演示文稿,为每张幻灯片设置不同的填充背景。
2. 练习使用多种方法启动幻灯片放映,并设置幻灯片的切换方式。
3. 将用户创建的演示文稿打包到文件夹,并放映打包后的演示文稿。

第8章 实 验

实验1 Windows 基本操作

一、实验目的

1. 掌握对任务栏的操作,能够移动、隐藏任务栏,并改变其大小。
2. 了解窗口各部位的名称,能够熟练改变窗口的大小和位置。
3. 掌握各种创建快捷方式的方法,能够根据不同的使用场合采用不同的方法创建快捷方式。
4. 熟练使用开始菜单提供的各种方法运行程序、对文档进行各种操作。
5. 能够使用控制面板对系统进行一些基本的设置。

二、实验内容

1. 自定义任务栏

在屏幕上找到任务栏,将任务栏隐藏或取消隐藏,并且改变任务栏的大小。

2. 对窗口的操作

在 Windows 桌面上用鼠标双击“我的电脑”图标,打开我的电脑窗口,可以改变该窗口的大小和位置。

3. 创建快捷方式

使用快捷方式图标可以方便迅速地执行想要执行的程序或者打开想要打开的文件。请为“附件”文件夹中计算器程序创建快捷方式。

4. 使用开始菜单

(1) 使用开始菜单运行程序:

在桌面上单击“开始”按钮,在打开的开始菜单中选择“运行”后即打开运行对话框,在文本框中输入“c:\windows\start menu\program”,用鼠标左键单击“确定”按钮从而打开 program 窗口。这种运行程序的方式给我们提供了很大的灵活性,也可以在运行对话框中选择“浏览”,从出现的对话框中选择需要运行的程序。

(2) 使用开始菜单中的文档选项:

在桌面上单击“开始”按钮,选择“文档”,从其下一级菜单中选择想要打开的文档,单击鼠标左键即可。

(3) 使用开始菜单的程序选项也可以方便、快捷地运行想要运行的程序。

要求:

- ① 使用开始菜单的“运行”选项运行计算器程序。
- ② 使用开始菜单的“程序”选项运行计算器程序。

5. 使用控制面板

我们要对系统所做的诸如安装、配置、管理、优化等工作都是在控制面板中完成的,它是集中管理系统的场所。在 Windows 桌面上单击开始菜单,选择“设置”选项下的“控制面板”一项,即可打开控制面板窗口(或者在 Windows 桌面上双击“我的电脑”图标,在打开的窗口中再双击“控制面板”,也可以打开控制面板窗口),在该窗口中对于任意一个图标用鼠标双击就可以打开相应的子窗口,从而实现对系统相应属性的设置。

要求:

- ① 在任务栏中去掉输入法图标,之后再加上。
- ② 使用开始菜单的程序选项运行计算器程序。
- ③ 分别改变鼠标双击速度为最慢或最快,体会双击操作时的不同。

三、思考与练习

1. 任务栏的位置可否放在屏幕的任一位置?
2. 你认为单击鼠标右键后出现的快捷菜单针对不同对象有什么特点?
3. 什么是活动窗口,其标志是什么?
4. 在操作中体会“资源管理器”浏览器栏文件夹中“+”、“-”符号的作用。

实验 2 Windows 文件操作

一、实验目的

1. 掌握文件和文件夹的操作。
2. 学习如何搜索具有相同特征的文件和文件夹。
3. 掌握“剪贴板”的使用。

二、实验内容

1. 文件和文件夹的管理

(1) 设置文件和文件夹的显示方式

在“资源管理器”中执行“查看”菜单内相应命令,分别选用大图标、小图标、列表、详细资料 and 缩略图几种方式显示文件和文件夹。

执行“查看|排列图标”菜单内相应命令,分别按名称、大小、类型、日期等排序方式显示文件和文件夹。

只显示属性为“系统”和“隐藏”的文件和文件夹。

(2) 查看、设置文件和文件夹的属性

查看 C: 盘“Documents and Settings”文件夹的常规属性; 设置该文件夹下“All Users 文件夹”属性为“隐藏”。

(3) 复制或移动文件或文件夹

① 用鼠标拖曳方式将“C:\ Documents and Settings”文件夹下的第一个文件和第一个文件夹复制到 D: 盘。

② 用资源管理器菜单方式将“C:\ Documents and Settings”文件夹下除了“Administrator”文件夹外的其他所有对象复制到桌面“我的文档”文件夹。

③ 用键盘快捷命令方式将桌面“我的文档”文件夹下的所有对象复制到桌面。

2. 搜索文件或文件夹(注意通配符的使用)

① 查找 C: 盘上扩展名为 .TXT 的文件。

② 查找主文件名含有 let, 修改日期介于 2007-1-5 到 2007-9-1 的文件或文件夹。

③ 查找 C: 盘上第三个字母为 R 的文件。

3. “剪贴板”的使用

对桌面“我的文档”下“我的音乐”文件夹单击鼠标右键, 从快捷菜单中选择“复制”命令, 然后在桌面空白处单击右键, 选择快捷菜单中“粘贴”, 分别查看“我的文档”文件夹和桌面内容变化。

对桌面“我的文档”下“我的音乐”文件夹单击鼠标右键, 从快捷菜单中选择“剪切”命令, 然后在桌面空白处单击右键, 选择快捷菜单中“粘贴”, 分别查看“我的文档”文件夹和桌面内容变化。

三、思考与练习

1. 比较分别删除 A: 盘(或其他移动存储设备)和 C: 盘的文件后回收站内容的区别。
2. 在操作中体会 Windows 文件操作的多种方式。
3. 通过文件的删除、剪切、复制、粘贴操作体会 Windows 剪贴板的作用。

实验 3 Word 基本操作

一、实验目的

1. 掌握使用 Word 2003 进行文本编辑的基本方法。
2. 掌握对 Word 2003 文本进行排版的基本方法。

二、实验内容

1. 建立新文档并为新文档命名后将其保存。
2. 选择页面视图方式, 将下面一段文字输入文档。

《泰山日出》

——徐志摩

我们在泰山顶上看出太阳。在航过海的人,看太阳从地平线下爬上来,本不是奇事;而且我个人是曾饱饮过江海与印度洋无比的月彩的。但在高山顶上看日出,尤其在泰山顶上,我们无餍的好奇心,当然盼望一种特异的境界,与平原或海上不同的。果然,我们初起时,天还暗沉沉的,西方是一片铁青,东方些微有些白意,宇宙只是——如用旧词形容——一体莽莽苍苍的。但这是我一面感觉劲烈的晓寒,一面睡眠不曾十分醒豁时约略印象。等到留心回览时,我不由得大声的狂叫——因为眼前只是一个见所未见的境界。原来昨夜整夜暴风雨的工程,却砌成一座普遍的云海。

除了日观峰与我们所在的玉皇顶以外,东西南北只是平铺着弥漫的云气,在朝旭未露前,宛似无量数厚毳长绒的绵羊,交颈接背的眠着,卷耳与弯角都依稀辨认得出。那时候在这茫茫的云海中,我独自站在雾霭溟蒙的小岛上,发生了奇异的幻想——我躯体无限的长大,脚下的山峦比例我的身量,只是一块拳石;这巨人披着散发,长发在风里像一面墨色的大旗,飒飒的在飘荡。这巨人竖立在大地的顶尖上,仰面向着东方,平托着一双长臂,在盼望,在迎接,在催促,在默默的叫唤;在崇拜,在祈祷,在流泪——在流久慕未见而将见悲喜交互的热泪。

1. 设置文档标题格式:字体为宋体,字号为四号字,粗体,文字颜色为蓝色,对齐方式为居中。设置文档正文格式:字体为宋体,字号为小四,两端对齐。

2. 设置段落格式,行距为 1.5 倍行距。页面设置为纸张大小为 A4,方向为纵向,文字方向水平,栏数为两栏。

3. 设置页眉页脚,页眉为“徐志摩散文”,居中对齐;页脚为自己的姓名、班级和学号。

4. 在文档中查找“我们”,并以“我”来替换。

5. 自选一种格式,进行页面边框和文字底纹设置。

三、思考与练习

1. 重新对上面的文档进行排版,分别对字体和段落进行重新设置(字体颜色,段落的特殊格式等),每设置一项,马上看一下效果,看看有什么变化。

2. 试着自己设置一种段落格式,然后应用到你的文档中。

3. 为什么要用查找/替换功能,它有什么好处,在什么时候用它最能体现出来?

4. 什么是页眉和页脚,什么是页面边框,什么是文字底纹?

实验 4 Word 高级操作

一、实验目的

1. 掌握使用 Word 2003 进行表格编辑的方法。

2. 掌握表格转换与数据计算、图表的创建及其编辑的基本方法。

3. 掌握使用 Word 2003 进行图形编辑及图文混排的方法。

二、实验内容

1. 新建一空白文档并插入表格,为 7 行 6 列,绘制斜线表头,效果如下:

	语文	数学	政治	英语	总分
黄晓明	90	87	88	77	
陆海荣	77	67	59	87	
罗礼东	75	90	66	65	
罗小旭	79	89	78	75	
林采军	83	87	88	85	
张健昀	93	97	90	66	

2. 在表格中插入新行,输入记录“王静宜、80、72、86、69”。

3. 使用 Word 2003 中提供的计算表格中数据的公式,计算每个学生的总分,并且依据总分对学生进行重新排序。

4. 将下列文字转换为表格,并设置表格的边框和底纹,效果如下:

《把酒问月》 李白

青天有月来几时	我今停杯一问之。
人攀明月不可得	月行却与人相随。
皎如飞镜临丹阙	绿烟灭尽清辉发。
但见宵从海上来	宁知晓向云间没。
白兔捣药秋复春	嫦娥孤栖与谁邻。
今人不见古时月	今月曾经照古人。
古人今人若流水	共看明月皆如此。
唯愿当歌对酒时	月光长照金樽里。

《把酒问月》 李白

青天有月来几时	我今停杯一问之。
人攀明月不可得	月行却与人相随。
皎如飞镜临丹阙	绿烟灭尽清辉发。
但见宵从海上来	宁知晓向云间没。
白兔捣药秋复春	嫦娥孤栖与谁邻。
今人不见古时月	今月曾经照古人。
古人今人若流水	共看明月皆如此。
唯愿当歌对酒时	月光长照金樽里。

5. 打开实验 3 时保存的文档,在文档中插入图片,对其进行裁剪和压缩等编辑的练习,修改图片环绕方式,在正文的右上方插入艺术字“泰山日出”。

6. 在正文最下方绘制房子形状的图形,并填充适当颜色。

三、思考与练习

1. 试想一下 Word 2003 中提供的计算表格中数据的公式有哪些,它给我们带来了什么样的便利?

2. 当将文字转换为表格时,用不同的边框和底纹对表格进行设置,体会一下不同的效果。

3. 充分发挥你的想象力与审美观,对你的文档进行美化(如设置背景、插入图片等),使其看上去自然美观。

实验5 Excel 表格基本操作

一、实验目的

1. 熟悉 Excel 2003 的操作界面。
2. 掌握不同类型数据的输入,并为数据设置格式。
3. 熟练掌握公式和函数使用。
4. 理解和掌握公式的复制。
5. 掌握工作表的基本操作。

二、实验内容

1. 新建文件

新建一个工作簿,保存在 SHIYAN 文件夹,文件名为 SHY5. XLS。

2. 输入数据

在 Sheet1 工作表中按照【样文 5-A】在相应单元格输入数据。

要求:因为学号是按顺序排列的,所以要求按顺序数据的格式输入。

3. 公式和函数的使用

- (1) 利用公式计算出 E2 的总分,利用函数计算出 F2 的平均分。
- (2) 利用复制和粘贴公式和函数的方式计算其他学生的总分和平均分。

	A	B	C	D	E	F	G
1	学号	姓名	高等数学	英语	总分	平均分	
2	0601001	刘明	95	85			
3	0601002	程凯	81	89			
4	0601003	王志一	85	67			
5	0601004	赵亮	82	78			
6	0601005	常峰	76	68			
7	0601006	陈宁	69	80			
8	0601007	李志明	92	90			
9	0601008	张东梅	80	66			
10							

4. 插入行和列:

- (1) 在第一行前插入一行,在 A1 单元格插入文本“计算机 0601 班成绩单”。
- (2) 在第 A 列左侧插入一列,在 A2 单元格插入文本“序号”,并从 1 开始生成序号。
- (3) 在单元格 A12 中输入文本“总平均分”,G12 中计算出总的平均分。

5. 格式化工作表

(1) 将单元格区域 A1:G1 合并,对齐方式设置为水平居中、垂直居中,字体设置为华文行楷,字号 18,颜色为靛蓝。

(2) 将单元格区域 A2:G2 的对齐方式设置为水平居中、垂直居中,字体设置为黑体,字号为 14 号。

(3) 将单元格区域 A3:A10 的字体设置为 Times New Roman,字号为 12 号,对齐方式设置为水平居中、垂直居中;C3:C10 字体设置为宋体,字号为 12 号;使用“常用”工具栏上的

“格式刷”按钮将 B3:B10,D3:D10,E3:E10,F3:F10,G3:G10 设置为与 A3 格式一样。

(4) 按“最合适的行高”和“最合适的列宽”调整行高和列高。

(5) 将表格的外边框设置为黑色的粗实线,内部框线设置为深蓝色的双实线。

6. 工作表的操作

(1) 将 Sheet1 工作表重命名为“计算机 0601 班成绩”。

(2) 删除 Sheet2 工作表。

(3) 将“计算机 0601 班成绩”工作表中复制到 Sheet3 工作表中。并 Sheet3 中的表格自动套用格式“序列 2”。

三、思考与练习

1. 相对引用和绝对引用的区别是什么?

2. 在 Excel 中如何实现表格的自动套用格式?

3. 如何使用鼠标完成行高和列宽的调整?

4. 在 Excel 中复制工作表和复制表格的操作有何不同?

实验 6 Excel 数据管理和图表操作

一、实验目的

1. 掌握对数据清单的各种排序。

2. 学会如何筛选出满足条件的数据。

3. 学会使用数据合并计算进行数据统计。

4. 学会画图表。

二、实验内容

打开 SHY5.XLS,按照下列要求操作:

1. 按要求排序

使用工作表“计算机 0601 班成绩”中的数据,以平均分为主要关键字,降序排序;以“学号”为次要关键字,升序排序。

2. 使用“高级筛选”筛选出满足条件的记录

使用工作表“计算机 0601 班成绩”中的数据,筛选出平均分大于 80,并且英语成绩大于 80 的学生,在其他区域显示筛选结果。

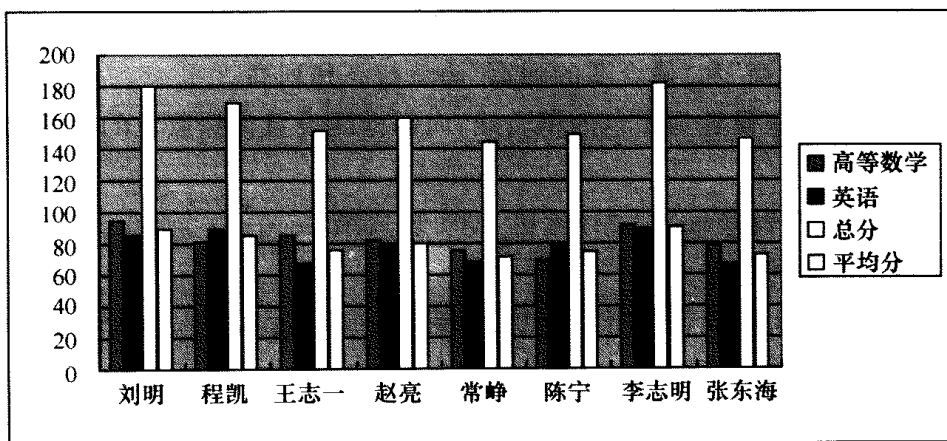
3. 使用“自动筛选”筛选出满足条件的记录

使用工作表“计算机 0601 班成绩”中的数据,筛选出平均分大于 90 的学生。

4. 统计平均分数在 60 以下,60~70,70~80,80~90,90 分以上的学生名单和人数。

5. 生成图表

使用工作表“计算机 0601 班成绩”中的数据,生成如下图所示的图表。



三、思考与练习

1. 自动筛选和高级筛选的区别是什么？
2. 一张表格是不是只对应一个图表？
3. 在 Excel 中建立的公式可以用于计算吗？

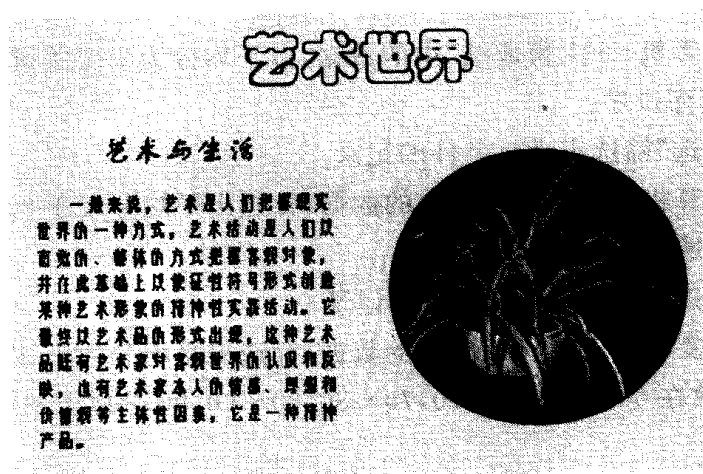
实验 7 Powerpoint 基本操作

一、实验目的

1. 了解 Powerpoint 2003 软件的特点,学会运用和掌握 Powerpoint 2003 的基本功能。
2. 练习文本框的使用,掌握文字的输入方式及编辑。
3. 练习在幻灯片中插入图片,掌握自选图形的应用。
4. 掌握幻灯片的背景设置方法。
5. 掌握动画方案的设置方法,会设置自定义动画。

二、实验内容

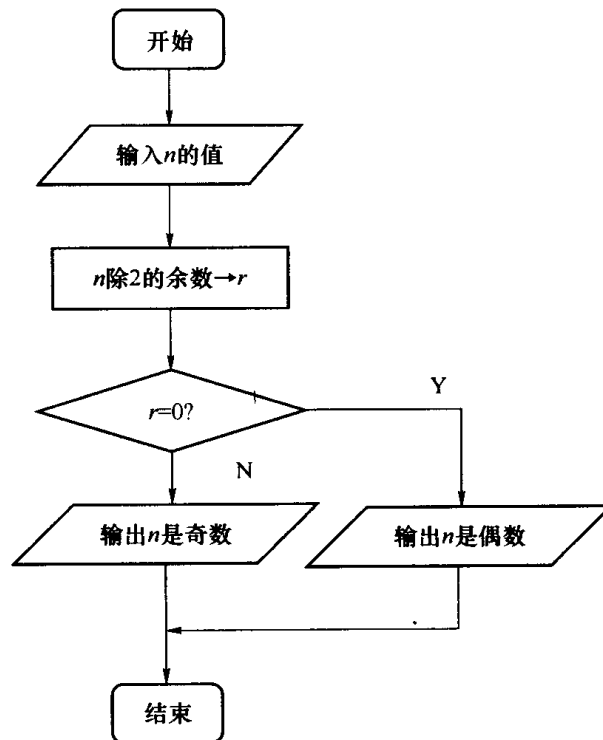
1. 制作“艺术世界”幻灯片,效果如下图所示。



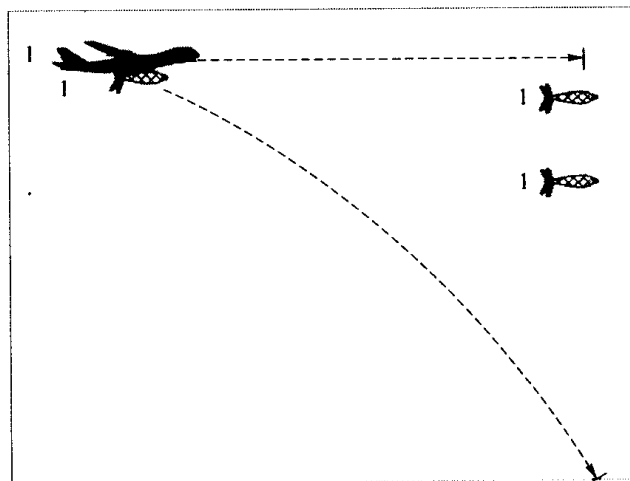
2. 下图为“判断给定的整数 n 是为偶数还是奇数”的流程图。设 n 的值为 47。要求：

(1) 将下图画在幻灯片上。

(2) 在幻灯片放映时，一步一步显示流程图的流向动画。



3. 绘制平抛运动图形的动画。如下图所示的飞机和炸弹(即相应的图片),让它们在各自的轨迹上运动。



参考文献

1. David Reed 著. 新编计算机科学导论. 北京:清华大学出版社,2005
2. 袁方,王兵,李继民. 计算机导论. 北京:清华大学出版社,2004
3. Charles S. Parker, Deborah Morley, Brett Miketta 著. 计算机导论. 李华飏,张智萍,译. 北京:科学出版社,2006
4. 车光宏,张林,等. 计算机导论. 上海:上海交通大学出版社,2006
5. 杨克昌,王岳斌. 计算机导论(第二版). 北京:中国水利水电出版社,2005
6. 李相伟,等. 计算机基础实用教程. 北京:国防工业出版社,2006
7. 贾小珠,等. 计算机基础教程. 北京:国防工业出版社,2004
8. 李宁. 面向对象的 C++ 程序设计. 北京:电子工业出版社,2002
9. 钱能. C++ 程序设计教程. 北京:清华大学出版社,2001
10. 陈懿. C++ 面向对象程序设计教程. 北京:冶金工业出版社,2005
11. 张小波,陈子聪,宋晖. Java 程序设计教程. 北京:冶金工业出版社,2006
12. 李春葆. C++ 程序设计导学. 北京:清华大学出版社,2002
13. 武著,马素霞,等译. 面向对象程序设计教程(Java 版). 第四版. 北京:机械工业出版社,2007
14. 冷英男,李文超. 面向对象程序设计教程. 北京:电子工业出版社,2007
15. 倪子伟,蔡经球. 离散数学. 北京:科学出版社,2001
16. 左孝凌. 离散数学. 上海:上海科技文献出版社,1982
17. 王元元,张桂芸. 离散数学导论. 北京:科学出版社,2002
18. 王元元,张桂芸. 计算机科学中的离散结构. 北京:机械工业出版社,2004
19. 邵学才. 离散数学. 北京:清华大学出版社,2001
20. 秦振松. 编译原理及编译程序构造. 南京:东南大学出版社,2005
21. 胡伦骏. 编译原理. 北京:电子工业出版社,2002
22. 郑洪. 编译原理. 北京:中国铁道出版社,2006
23. 周经野,张继福. 编译原理. 武汉:武汉理工大学出版社,2002
24. 王珊,萨师煊. 数据库系统概论. 第四版. 北京:高等教育出版社,2006
25. 丁宝康. 数据库原理. 北京:经济科学出版社,2007
26. 冯玉才. 数据库基础. 第二版. 武汉:华中理工大学出版社,1993
27. 石树刚,郑振楣. 关系数据库. 北京:清华大学出版社,1993
28. 王珊,陈红. 数据库系统原理教程. 北京:清华大学出版社,1998
29. 廖望,何俊,谢春旺,钟永生,黄智诚,等. SQL Server 2000 案例教程. 北京:冶金工

业出版社,2004

30. Hall P A V , Hitchcock P , Todd S J P . An Algebra of Relations for Machine Computation. Conference Record of the Second ACM Symposium on Principles of Programming Languages, 1975
31. 王璞. 中文 Office 2003 标准教程. 西安:西北工业大学出版社,2005
32. 李安宗. 中文 Office 2003 操作教程. 西安:西北工业大学出版社,2005
33. 王璞. 新编中文版 Excel 2003 入门与提高. 西安:西北工业大学音像电子出版社, 2005
34. 唐锦春, 姜常青. 展望 21 世纪土木工程设计中计算机技术的应用
35. 高文. 21 世纪计算机技术展望
36. 邓心安, 编译. 科技计划译丛, 2001

[G e n e r a l I n f o r m a t i o n]

书名 = 应用型本科计算机科学与技术规划教材 计算机科学导论

作者 = 侯惠芳

页数 = 3 3 5

S S 号 = 1 1 9 2 6 8 3 4

出版日期 = 2 0 0 7 年 1 1 月第 1 版